

Annalen
van
de Belgische Vereniging
voor
Stralingsbescherming

VOL. 6 N° 1

1981

Driemaandelijkse
uitgave

Publication
trimestrielle

Annales
de
l'Association Belge
de
Radioprotection

Hoofdredacteur

Dr M.H. FAES

Rédacteur en chef

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

2400 Mol.

Redactiesecretariaat

Mme Cl. STIEVENART

Secrétaire de rédaction

14, rue Juliette Wytmansstraat,
1050 Bruxelles - Brussel.

INHOUD

SOMMAIRE

R. NUYTS :	
Arbeidsongevallen- en beroepsziektenvoorkoming en stralingsbescherming.	5 - 16
A.J. BERTEAUD :	
Caractéristiques physiques des rayonnements électromagnétiques non ionisants.	17 - 28
K.H. CHADWICK :	
A brief review of the biological effects of non ionizing radiation.	29 - 40
Conseils aux auteurs	41 - 43
Richtlijnen voor auteurs	45 - 47

Annalen van de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming, Vol. 6, n°1 (1981)

ARBEIDSONGEVALLEN- EN BEROEPSZIEKTENVOORKOMING EN STRALINGSBESCHERMING.

ir.R. NUYTS

Inspecteur-generaal
Technische Inspectie
Administratie van de arbeidsveiligheid.

december 1980.

SAMENVATTING.

De arbeidsongevallen- en beroepsziektenvoorkoming enerzijds en de stralingsbescherming anderzijds, zijn naast elkaar bestaande evoluerende technieken, met in sommige gevallen een gebrekkige coördinatie tussen beide.

Dit wordt toegelicht door het schetsen van hun respectievelijke evolutie, van de problemen die zich voordoen inzake de samenwerking en van de noodzaak tot toenadering.

INLEIDING.

Het onderwerp is ingegeven onwille van bezorgdheden over het naast elkaar bestaan en evolueren van voorkomingstechnieken inzake arbeidsongevallen en beroepsziekten enerzijds en stralingsrisico's anderzijds, waarbij min of meer dezelfde algemene principes te pas komen, met nochtans duidelijke verschillen, maar vooral met, in sommige gevallen, een gebrekkige coördinatie tussen beide.

Gelukkig kan de drie laatste jaren een duidelijk gunstige evolutie inzake coördinatie waargenomen worden, die evenwel soms gepaard gaat met personeelsinkrimping.

Een gebrekkige coördinatie kan zich verklaren door het feit dat de thema's :

- fundamenteel verschillend werden aangepakt;
- uitgaar van verschillende disciplines;
- terechtkomen in verschillende reglementeringen;
- en veelal door verschillende mensen en ambtenaren worden toegepast.

Daar waar in het bedrijfsleven althans, de stralingsbescherming in zekere opzichten een onderdeel van de arbeidsongevallen- en beroepsziektenvoorkoming zou dienen te zijn.

Het dient onderstreept dat er inzake arbeidsongevallen- en beroepsziektenvoorkoming verschillende op technisch en wetenschappelijk vlak met bestralingsbescherming vergelijkbare onderwerpen bestaan zoals o.m. :

- bescherming tegen giftige stoffen en preparaten;
- bescherming tegen kankerwekkende stoffen;
- bescherming tegen stof- en gasontploffingen;
- ergonomie.

Op het vlak van sensibilisering, voorlichting, organisatie en samenwerking inzake voorkoming zijn de algemene principes duidelijk dezelfde.

Zowel de arbeidsongevallen- en beroepsziektenvoorkoming als de stralingsbescherming om hun doeltreffendheid te vergroten, vinden er baat bij dat nauwere banden worden gelegd tussen beide. Daarom is toenadering van de mensen die er zich mede bezighouden aanbevolen.

Dit vergt noodzakelijkerwijze een nauwe samenwerking tussen technici, physici, dokters, enz.

Om dit alles van dichtbij toe te lichten is de uiteenzetting als volgt opgesplitst :

- arbeidsongevallen- en beroepsziektenvoorkoming en de evolutie ervan in het licht van die dualiteit;
- stralingsbescherming en evolutie ervan in het licht van die dualiteit;
- voornaamste moeilijkheden die zich voordoen inzake de samenwerking;
- noodzaak tot toenadering;
- conclusies.

ARBEIDSONGEVALLEN- EN BEROEPSZIEKTENVOORKOMING EN DE EVOLUTIE IN HET LICHT
VAN DIE DUALITEIT.

Deze voorkomingstechnieken zijn ontstaan in het werkmilieu, ze weerhielden in de eerste plaats de belangstelling van de werknemers en de werknemersorganisaties, en kunnen bogen op een lange traditie. Ze zijn gekenschetst door een pragmatische aanpak. Zeer vlug werd reglementeren noodzakelijk geacht.

Gedurende een lange periode ging de aandacht er vooral naar de technische aspecten van de voorkoming (bescherming machines, manutentie, brandbeveiliging, toestellen onder druk, toxische stoffen, verluchting, enz.).

Sedert enkele tientallen jaren ligt het accent er meer op organisatorische aspecten (diensten V.G.V., bedrijfsgeneeskundige diensten, rol van de erkende organismen), op samenwerkingsaspecten tussen sociale partners (comités V.G.V., syndicale afvaardigingen) en op de noodzaak materiële voorzorgsmaatregelen te nemen om menselijk falen zoveel mogelijk uit te schakelen.

De laatste jaren betracht men een meer systematische globale en fundamentele aanpak (strijd tegen hinder, voorkomingsbeleid), met een uitgesproken zorg voor de bestrijding van de beroepsziekten.

Dit uit zich in de reglementering door het meer diepgaand structureren van arbeidsgeneeskundige diensten en veiligheidsdiensten

qua samenstelling :

- vormen van onafhankelijkheid van deze die deel uitmaken van deze diensten;
- hiërarchische rang in de onderneming;
- vorming van geneesheren en veiligheidschefs;
- modaliteiten in verband met aanstelling, vervanging;
- modaliteiten in verband met het vastleggen van de prestaties;

en de opdrachten ervan waarbij vooral te onderlijnen zijn :

- tussenkomsten bij bestellingen van nieuwe machines, toestellen, enz.;
- tussenkomsten inzake instructies aan personeel, vorming van het personeel;
- ergonomische overwegingen;
- keuze van individuele en collectieve beschermingsmiddelen.

Een karakteristiek van deze voorkomingsdomeinen is dat er pas de laatste jaren directieven worden uitgevaardigd door de Europese Gemeenschap die betrekking hebben op de arbeidsongevallen- en beroepsziektenvoorkoming. Deze hebben dan nog in grote mate het opheffen van handelsbelemmeringen als oogmerk.

Opmerkelijk is dat inzake voorkoming van ongevallen en beroepsziekten voor de bevolking en het publiek in het algemeen, er geen globale aanpak bestaat vanwege de overheid.

Daar doen zich slechts enkele pragmatische tussenkomsten voor zoals onder andere :

- reglementering inzake de ingedeelde inrichtingen (leefmilieu);
- verkeer;
- brandbestrijding (ziekenhuizen, tehuizen voor bejaarden, hoge gebouwen);
- zekere aspecten van de volksgezondheid.

STRALINGSBESCHERMING EN EVOLUTIE ERVAN IN HET LICHT VAN DIE DUALITEIT.

Het gaat hier om een meer recente problematiek met meer duidelijk omschreven risico's. Zeer vlug karakteriseren de problemen zich door hun globale fundamentele, men mag zelfs zeggen wetenschappelijke aanpak, die tegelijk de bescherming overweegt van bevolking, omwonenden van sommige installaties en van het werkmilieu.

De belangstelling ging in de eerste plaats uit van andere kringen dan het werkmilieu. Het is het domein van dokters, physici, wetenschapsmensen, universiteiten. De problemen worden duidelijk gesteld, en vooral in een algemene leefmilieuproblematiek.

Hier was ook vroeger belangstelling vanwege de Europese Gemeenschap. Daarvan getuigt de Euratomrichtlijn van 1959 met voorkoming als eerste oogmerk.

Hoe zit het met de nationale reglementering in het domein van de stralingsbescherming?

Hier beperken we ons klaarheidshalve tot de reglementering in het werkmilieu, maar zulks betekent niet alleen de industrie waaronder de kerncentrales maar eveneens verzorgingsinstellingen, onderzoekscentra, universiteiten, enz.

Men stelt vast dat op het reglementaire vlak de medische aspecten van de stralingsbescherming in het werkmilieu vlug rechtstreeks geïntegreerd werden in het kader van de bestrijding van de beroepsziekten.

Daarentegen ziet men slechts een trage integratie met de technische aspecten en de algemene veiligheidsreglementering.

Ik denk hier vooral aan :

- de dienst voor fysieke controle (enkel allusie op de dienst V.G.V. - aangestelden voor bewaking);
- duidelijk verschillende rol van de erkende organismen;
- zeer weinig nauwkeurige technische voorschriften (bv. inzake afscherming door bepantsering - vorming van kritische massa's - fysieke eigenschappen van ingekapselde bronnen - het in- en uitnemen van bronnen uit containers).

Men moet in het domein van stralingsbescherming een zekere stagnatie van de reglementering vaststellen zowel op het medische als het technische en het organisatorische vlak.

In de reglementering inzake ioniserende stralingen is er niet rechtstreeks sprake van :

- onafhankelijkheid van de deskundigen;
- modaliteiten in verband met aanstelling, vervanging;
- modaliteiten in verband met het vastleggen van prestaties;
- adviserende paritaire comités.

Weliswaar hebben deze begrippen en werkmethodes in het algemeen reglement voor de arbeidsbescherming een belangrijke evolutie gekend na de publicatie van het algemeen reglement inzake de ioniserende stralingen in 1963.

Men zekere evolutie van dit laatste reglement is weliswaar te verwachten als gevolg op de publicatie van de EG-richtlijn van 15 juli 1980 (Publicatieblad van 17 september 1980), houdende wijziging van de richtlijnen tot vaststelling van de basishoudingen voor de bescherming van de gezondheid der bevolking en der werkers tegen de aan ioniserende straling verbonden gevaren, maar men moet vaststellen dat die richtlijn praktisch uitsluitend handelt over medische aspecten en niet over de hogeraangehaalde domeinen.

PROBLEMEN INZAKE SAMENWERKING.

Vooraf dient hier te worden aangestipt dat wat betreft samenwerking op medisch vlak op het niveau van de ondernemingen er geen grote moeilijkheden blijken te zijn tussen arbeidsgeneesheren voor klassieke risico's en arbeidsgeneesheren gespecialiseerd in ioniserende stralingen.

Een gebrek aan samenwerking tussen arbeidsgeneesheren en personeel van de veiligheidsdiensten in de onderneming met klassieke risico's daarentegen wordt regelmatig aangeklaagd. Dit lijkt minder het geval te zijn in de nucleaire sector, althans tussen de arbeidsgeneesheren gespecialiseerd in ioniserende stralingen en de dienst voor fysische controle.

De grootste moeilijkheden doen zich in sommige gevallen blijkbaar voor tussen deskundigen van de diensten voor fysische controle en diensthoofden V.G.V.

Dit is naar mijn oordeel in grote mate te wijten aan het feit dat in een zeker aantal gevallen er belangrijke mentaliteitsverschillen bestaan bij de betrokkenen van verschillende disciplines.

De deskundigen van de dienst fysische controle zijn universitaireen ware het maar omwille van de voorwaarden van erkenning als deskundigen en zijn doorgaans minder vertrouwd met problemen van werknemers en werknemersafgevaardigden. Ze hebben er minder direct contact mede of hun contacten liggen op een ander vlak.

Zij zijn in een zeker aantal gevallen niet voldoende op een gemotiveerde wijze betrokken bij het voorkomingsbeleid in zijn geheel gezien en problemen van onafhankelijkheid en overleg met werknemersvertegenwoordigers worden weinig of niet onderkend of afgewezen als ongepast.

De diensthoofden V.G.V. zijn meestal geen universitairgeschoolden. Ze zijn in vele gevallen technische ingenieurs of soms zelfs nog niet en hebben bij hun opdrachten meer directe contacten met de werknemers en werknemersafgevaardigden.

Hun beroepsverleden en -opleiding maakt dat ze de problemen verschillend zien liggen, ze anders willen aanpakken, een andere beroepstaal spreken.

In het kader van de reglementering heeft de deskundige van de dienst fysische controle weinig of geen problemen van overleg met sociale partners. Zijn medewerking aan de vergadering van het comité V.G.V. is zelfs niet in de reglementering voorgeschreven. Hij kan zich in grote mate beleven in zijn technische specialiteit.

Die moeilijkheden zijn weliswaar zeer verschillend van geval tot geval, naargelang de aard van de inrichting, de respectievelijke persoonlijke karaktertrekken van de betrokkenen, de algemene geest die in de inrichting heerst, enz.

Die eerder ongemakkelijke relaties zijn in zekere mate vergelijkbaar met deze tussen de arbeidsgeneesheren en de technici van de veiligheidsdiensten in klassieke ondernemingen.

De deskundigen van de dienst voor fysische controle en de leden van de veiligheidsdienst hanteren verschillende reglementeringen.

De reglementering inzake de ioniserende stralingen hecht hoofdzakelijk aandacht aan de rechtstreekse risico's van bestralingen en contaminaties met hun gevolgen voor de gezondheid, terwijl het algemeen reglement voor de arbeidsbescherming naast de bescherming van de gezondheid, verschillende technische aspecten betrekkelijk diepgaand behandeld maar daarbij nog meer en meer is afgestemd op organisatorische en sociale aspecten (statuut van het personeel van de veiligheidsdienst, overleg in comité V.G.V., bestelingsprocedure in het kader van het voorkomingsbeleid, enz.).

Beide belanghebbenden hebben soms slechts een zeer oppervlakkige kennis van de reglementering die de andere hanteert.

Hetzelfde kan veelal gezegd worden wat hun respectievelijke bevoegdheidsdomeinen betreft, of die ze als zodanig aanzien.

Tenslotte bestaan er ook in zekere gevallen problemen inzake samenwerking daar waar het organisme de taak van de dienst voor fysische controle zelf op zich neemt en het bedrijf over geen erkend deskundige beschikt.

NOODZAAK TOT TOENADERING.

De noodzaak tot toenadering en nauwe samenwerking ligt nochtans voor de hand.

De steeds grotere complexiteit van het bedrijfsleven door het inzien van het belang rekening te houden met verschillende disciplines en wetenschappen maakt in meer en meer gevallen een multidisciplinaire aanpak wenselijk. Daarin vinden niet alleen medici en technici maar zelfs psychologen, sociologen en soms rechtskundigen hun plaats.

Dit is ongetwijfeld het geval wil men goede oplossingen vinden voor de arbeidsproblemen in het domein van gezondheid, veiligheid, welzijn, ergonomie, enz.

Dit is ook zeer in 't bijzonder het geval in de stralingsbescherming.

Kriticaliteitsproblemen, ontploffingsrisico's, verluchtingsproblemen, bestrijding en voorkoming van brand, bestrijding van lucht- en waterverontreiniging keuze van te dragen individuele beschermingsmiddelen, evenals sensibilisering, voorlichting, vorming, enz. kunnen niet zonder meer als zuiver technische of zuiver medische aangelegenheden worden aangezien.

Er bestaat geen twijfel over dat de voorschriften van het algemeen reglement voor de arbeidsbescherming ook van toepassing zijn in de nucleaire installaties, zij het in de geneeskundige sector, in de onderzoekssector, de onderwijssector of in de industrie.

Dit wordt ten andere in geen enkel opzicht in twijfel getrokken waar het gaat ook om heftoestellen, toestellen onder druk, enz., enz.

En deze voorschriften handelen ook over veiligheidsdiensten, veiligheidscomités, modaliteiten inzake bestellingen met het oog op veiligheid en hygiëne, enz., enz.

De arbeidsgeneesheren en deskundigen werkzaam in deze installaties, dienen derhalve ook voor de naleving van die bepalingen te ijveren.

In het algemeen reglement op de bescherming tegen het gevaar van de ioniserende stralingen is er op twee plaatsen sprake van de dienst V.G.V.

In het artikel 23.3. wordt gezegd dat in de inrichtingen van klasse I of in die van de andere klassen waar de fysische controle niet aan een erkend organisme toevertrouwd is, wordt de dienst voor fysische controle geleid door het hoofd van de dienst voor veiligheid en hygiëne voorzien bij artikel 833 van het algemeen reglement voor de arbeidsbescherming of door een persoon die rechtstreeks onder zijn gezag geplaatst is.

In artikel 30.4., betreffende de aangestelde voor bewaking wordt gezegd dat die aangestelde moet worden beschouwd als adjunct van het hoofd van de dienst voor veiligheid, gezondheid en verfraaiing van de werkplaatsen, in de zin van artikel 833 van het algemeen reglement voor de arbeidsbescherming.

Bij ongeval, en inzonderheid bij onvoorziene verspreiding van radioactieve stoffen, is die aangestelde gelast de dringende beschermingsmaatregelen te treffen en onmiddellijk de diensten voor veiligheid en gezondheid en voor medische en fysische controle te verwittigen.

De noodzaak tot samenwerking blijkt hier duidelijk uit.

CONCLUSIES.

Hoe meer onderlegd men is, hoe meer men zich er rekenschap van geeft :

- a) hoe beperkt de menselijke kennissen uiteindelijk zijn t.o.v. de fenomenen die ons leven en onze maatschappij beheersen;
- b) hoe complex de problemen kunnen zijn, dus hoe veelzijdig de aspecten die een invloed kunnen hebben op de meest gepaste oplossing van een probleem.

Dit pleit er voor de koppen bij elkaar te zetten en te trachten meer inzicht te hebben in andere disciplines dan de zijne en te trachten meer waardering voor andere disciplines op te brengen.

Bij het lezen van deze tekst kan men zich de vraag stellen of deze bekommernissen niet reeds in grote mate zijn voorbijgestreefd, en of deze tekst niet eer drietal jaren te laat komt.

Men kan inderdaad de laatste jaren ondervinden dat op verschillende plaatsen reorganisaties werden doorgevoerd in de zin van een betere coördinatie, zelfs van een integratie van stralingsbescherming en algemene veiligheid.

Maar uiteindelijk is er toch nog heel wat te doen in dit domein.

Verder gebeurt deze reorganisatie wel eens, niet in de eerste plaats om een betere coördinatie te bekomen maar om een personeelsinkrimping te verwezenlijken. Dit kan dan uiteraard niet worden toegejuicht.

Om te besluiten en voor degenen die aan radioprotectie doen, kan het belang van de toenadering vooral worden onderlijnd inzake de volgende aspecten die zeer essentieel zijn om de voorkoming meer doeltreffend te maken :

- a) de uitbreiding van de vorming van radioprotectionisten inzake zekere aspecten van de voorkomingsproblematiek;
- b) medewerking in het kader van bestellingen en recepties van nieuwe toestellen, beschermingsmiddelen en zomeer, zoals voorgeschreven bij art.54 quater 3 van het algemeen reglement voor de arbeidsbescherming.

RESUME.

La prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles d'une part et la radioprotection d'autre part sont des techniques évoluant parallèlement avec parfois un certain manque de coordination entre elles. Ceci est exposé dans une esquisse de leurs évolutions respectives, des problèmes posés par leur coopération et par la nécessité d'un rapprochement.

SUMMARY.

Prevention of work accidents and professional diseases on one side and radioprotection on the other side are techniques evolving in a parallel direction with sometimes a certain lack of coordination. This is exposed in a sketch of their respective evolutions, of the problems arising in their cooperation and of the necessity of their rapprochement.

ZUSAMMENFASSUNG.

Die Maßnahmen zur Verhinderung von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten einerseits und der Strahlenschutz andererseits sind zwar Techniken die sich parallel zueinander entwickeln, die manchmal jedoch koordinierungsmängel aufweisen. Dies wird verdeutlicht durch die Beschreibung ihrer jeweiligen Entwicklungen, der sich aus ihrer Zusammenarbeit ergebenden Probleme und der Notwendigkeit für eine gegenseitige Annäherung.

Annales de l'Association Belge de Radioprotection, Vol. 6, n°1 (1981).

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES RAYONNEMENTS ELECTROMAGNETIQUES NON IONISANTS.

A.J. BERTEAUD,

Directeur de Recherche au C.N.R.S.,
GR 35, 2, rue H. Dunant, 94320 Thiais.

Mars 1981.

Résumé.

L'auteur passe en revue quelques manifestations de rayonnements électromagnétiques au niveau de la matière condensée après avoir rappelé les bases physiques décrivant la propagation de ces ondes dans cette matière. Sont décrites plus particulièrement les caractéristiques de la relaxation diélectrique aux microondes et HF, le bilan de l'interface air-tissu vivant et la profondeur de pénétration dans ce tissu.

Les rayonnements non ionisants sont constitués soit par des ondes électromagnétiques soit par des ondes mécaniques. Les énergies de ces rayonnements doivent être telles qu'elles ne permettent pas l'ionisation des atomes, ce qui limite les ondes électromagnétiques concernées vers $E \approx 10$ eV. Les fréquences et les longueurs d'onde correspondantes sont voisines de 10^{15} à 10^{16} Hz et $0,1 \mu$, respectivement. Le tableau des rayonnements électromagnétiques (Fig. 1) précise les correspondances E , f et λ et les gammes des rayonnements concernés.

Nous passons en revue quelques manifestations des rayonnements électromagnétiques au niveau de la matière condensée après avoir rappelé les bases physiques qui décrivent la propagation dans cette matière. Nous verrons que dans la plage des microondes (100 MHz-300 GHz), des effets dimensionnels se présentent qui peuvent induire des absorptions plus spécifiques des fréquences concernées.

DESCRIPTION PHYSIQUE DES CHAMPS.

L'onde électromagnétique est constituée d'une composante de champ électrique E et d'une composante de champ magnétique H .

Aux très basses fréquences, et notamment à fréquence nulle, ces deux composantes peuvent agir séparément et on peut ainsi étudier l'effet d'un champ H ou d'un champ E sur la matière condensée.

RAYONNEMENTS ELECTROMAGNÉTIQUES
NON IONISANTS

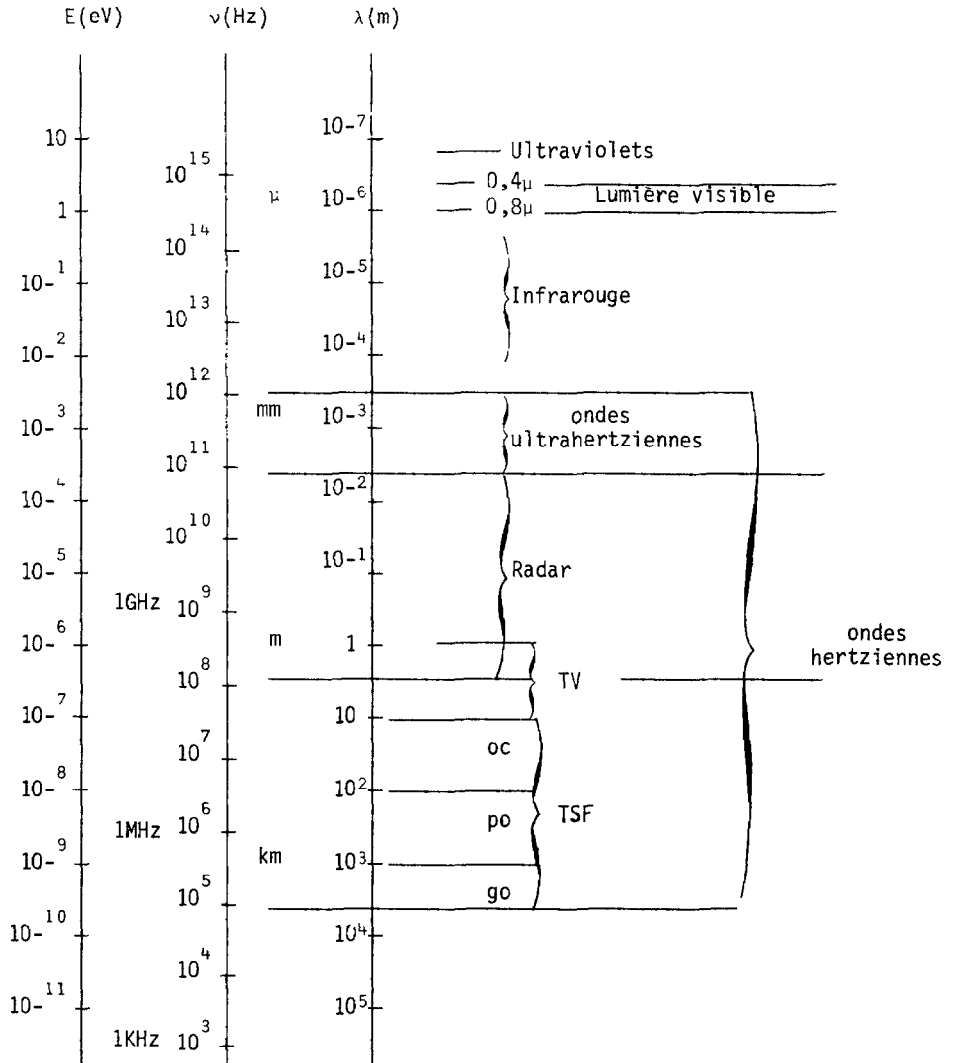


Figure 1

A fréquences plus élevées, on s'accorde à penser que l'onde agit essentiellement par sa composante électrique E qui peut interférer avec les caractéristiques électriques du milieu.

Les caractéristiques électromagnétiques globales d'un milieu quelconque sont :

- 1°. sa constante diélectrique ou permittivité ϵ ,
- 2°. sa perméabilité magnétique μ (ou sa susceptibilité χ),
- 3°. sa conductivité électrique σ (ou son inverse, la résistivité ρ).

La connaissance de ϵ et μ conduit à la détermination de la vitesse V de propagation d'une onde e.m. dans ce milieu, telle que :

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

où c est la vitesse de la lumière dans le vide.

Les équations générales qui permettent de résoudre les problèmes de propagation de l'onde sont :

- Les équations de Maxwell :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Maxwell - Faraday} \quad \text{rot } E = - \mu \frac{\delta H}{\delta t} \\ \text{Maxwell - Ampère} \quad \text{rot } H = J + \epsilon \frac{\delta E}{\delta t} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{milieux homogènes} \\ \text{et isotropes} \end{array}$$

- Les équations des divergences :

$$\text{div } E = 0 \quad (\text{milieu diélectrique sans charge})$$

$$\text{div } H = 0 \quad (\text{milieu magnétiquement isotrope})$$

- La loi d'Ohm : $J = \sigma E$.

- Les conditions aux limites.

Ces équations générales permettent le traitement à l'échelle macroscopique de la propagation dans des milieux qui peuvent être, suivant les fréquences, des diélectriques sans perte ou avec pertes ou des conducteurs. Un traitement des équations analogue peut être fait dans tout le domaine des rayonnements non ionisants, la différence suivant les gammes de fréquences provenant :

- d'une longueur d'onde très variable (km au μ)
- de propriétés également variables de la matière concernée.

DESCRIPTION ÉLECTRIQUE DE LA MATIÈRE CONDENSÉE,

Aux fréquences inférieures à quelques centaines de MHz, le champ électrique peut avoir un effet important sur les charges libres, ce qui induit des pertes de conduction exprimées par le coefficient σ , les pertes étant proportionnelles à σ/f . Ces pertes deviennent donc très faibles au-delà de ces limites de fréquences.

Les effets de polarisation diélectrique de la matière sont plus complexes et revêtent plusieurs formes. Sous l'action du champ électrique, on peut obtenir :

- un déplacement des électrons par rapport aux autres qui s'exprime par la polarisation électronique ;
- un déplacement des noyaux d'une molécule les uns par rapport aux autres qui s'exprime par la polarisation atomique ;

Ces deux polarisations sont indépendantes de la température et constituent une polarisation induite (molécules non polaires).

Si la matière contient des molécules polaires résultant d'une structure dissymétrique, celles-ci possèdent un moment dipolaire permanent. Ce moment est apte à s'orienter dans un champ électrique appliqué. Il s'agit d'une polarisation d'orientation qui dépend de la température et de la fréquence du champ appliqué. L'exemple typique de cette polarisation des molécules polaires est celui présenté par le comportement de la molécule d'eau qui présente une possibilité de relaxation diélectrique dans le domaine des microondes, à température ordinaire, que nous décrivons par la suite.

On voit donc que les mécanismes de polarisation diélectrique des molécules, notamment la polarisation d'orientation des molécules polaires, constituent l'interface majeur entre le champ électrique de l'onde et la matière condensée.

ÉNERGIES DE LIAISON AUX FRÉQUENCES CONSIDÉRÉES.

Il est utile de se rappeler quelles sont les énergies des liaisons moléculaires les plus classiques et leurs fréquences correspondantes. Le tableau I indique ces énergies. On sait que la plupart de ces énergies d'activation sont associées aux fréquences IR.

	kcal/mole	eV	F(GHz)	$\lambda(\mu)$
Mouvement Brownien à 30°C	0,6	0,026	$6,3 \times 10^3$	47,6
Potentiel d'ionisation	230	10	$2,4 \times 10^6$	0,12
Liaison covalente	115	5	$1,2 \times 10^6$	0,25
Interaction Van der Waals	23	1	$2,4 \times 10^5$	1,25
Liaison hydrogène	1,8 Å 4,6	0,08 Å 0,2	$1,9 \times 10^4$ $4,8 \times 10^4$	16 Å 6,25
Décrochage eau liée	13	0,56	$1,4 \times 10^5$	2,14
Rotation protéine polaire	1 Å 9	0,04 Å 0,4	$9,7 \times 10^3$ $9,7 \times 10^4$	30 Å 3
Changement de conformation réversible	9,2	0,4	$9,7 \times 10^4$	3

TABLEAU I - Energies d'activation et fréquences.

RELAXATION DIÉLECTRIQUE AUX MICROONDES ET HF.

A ces fréquences, on peut caractériser un tissu vivant par sa conductivité σ et sa permittivité complexe ϵ^* telle que $\epsilon^* = \epsilon_0(\epsilon' - j\epsilon'')$. Les pertes électriques totales dans le milieu sont alors égales à : $\epsilon'' + j \frac{\sigma}{\omega}$.

Les processus d'oscillation de charges et de polarisation diélectrique ne sont pas instantanés et nécessitent pour s'établir et s'interrompre un temps de relaxation qui dépend de la structure des éléments, de la viscosité du milieu et de la température.

Le temps de relaxation τ a été décrit par Debye pour un liquide homogène formé de molécules polaires qui a établi la relation suivante :

$$\tau = 4 \frac{\pi a^3 \eta}{kT}$$

où η est la viscosité, a le rayon moyen de la molécule, T la température absolue et k la constante de Boltzmann. Puisque la fréquence de relaxation est l'inverse du temps de relaxation, cette relation montre que les molécules concernées se relaxent à des fréquences d'autant plus hautes qu'elles sont petites, que la température est élevée et que la viscosité (donc les liaisons moléculaires) est faible.

Ainsi, les biopolymères telles que les protéines en solution se relaxent dans les domaines des HF (dizaines à centaines de MHz) alors que les molécules polaires aussi petites que l'eau se relaxent à quelques dizaines de GHz, à la température ordinaire et en l'absence de liaisons intermoléculaires. On sait que tout phénomène de relaxation s'accompagne de l'existence de pertes importantes. C'est dire que pour l'eau libre de toute liaison moléculaire, on observe une variation de la permittivité complexe telle que celle schématisée à la Figure 2, dans la zone des fréquences de relaxation qui encadrent 17 GHz. Dans cette zone, l'eau présente de fortes pertes diélectriques.

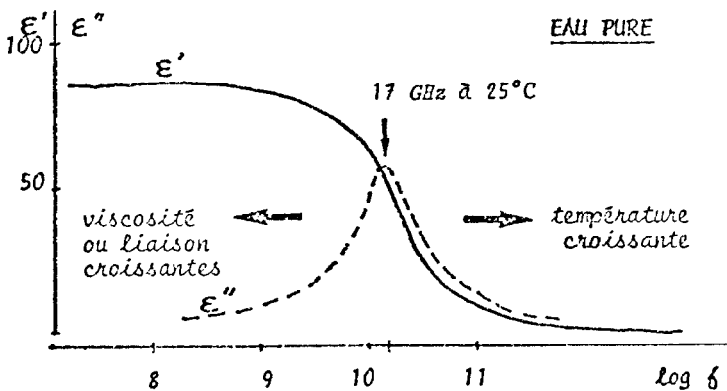


Figure 2

Comme on peut le prévoir, à partir de l'expression de Debye donnant τ ou $1/\text{fr}$, un accroissement de la température T augmente la fréquence de relaxation (qui devient voisine de 80 GHz près de 100°C), alors que la fixation de l'eau sur une autre molécule (hydratation des protéines, par exemple), diminue fortement la fréquence de relaxation de l'eau puisque cette fixation est analogue à une forte croissance de viscosité η .

Ces caractéristiques diélectriques de l'eau dominent les conditions d'interaction avec une onde électromagnétique donc les propriétés électriques de différents tissus vivants bien qu'il ne faille pas perdre de vue l'existence des pertes de conduction σ/ω qui peuvent devenir prépondérantes même en microondes s'il s'agit d'une solution saline. Hasted a donné une excellente classification en fréquences des mécanismes de perte présentés par l'eau (Fig. 3), où on observe que les pertes dominantes peuvent provenir de mécanismes très différents suivant la gamme de fréquences considérées.

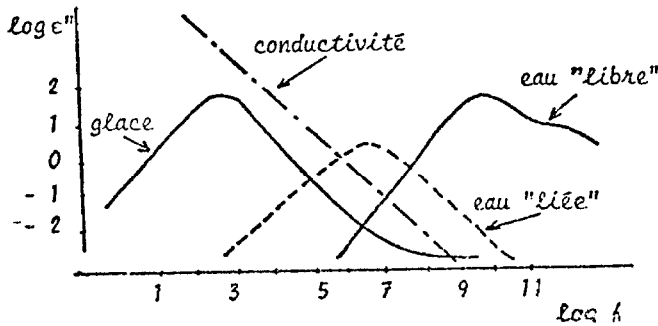


Figure 3

On peut donc conclure que les propriétés diélectriques des tissus vivants aux microondes sont largement dominées par leur teneur en eau. Des milieux très hydratés tels que les muscles, la peau, le sang ont des valeurs de ϵ'' de l'ordre de 15 à 20 suivant la fréquence considérée alors que des milieux tels que les os et la graisse ont des ϵ'' de l'ordre de 1 à 2.

BILAN À L'INTERFACE AIR-TISSU VIVANT.

Le passage d'une onde d'un milieu (1) de permittivité complexe ϵ_1^* à un milieu (2) de permittivité ϵ_2^* est caractérisé par un coefficient de réflexion complexe ρ tel que :

$$\rho^* = \frac{\sqrt{\epsilon_1^*} - \sqrt{\epsilon_2^*}}{\sqrt{\epsilon_1^*} + \sqrt{\epsilon_2^*}}$$

Ce coefficient ρ est égal à la racine carrée du quotient de la puissance réfléchie P_r à l'interface par la puissance incidente P_i . Le complément $P_i - P_r$ est la puissance transmise P_t dans le milieu (2). Si les permittivités ϵ_2 et ϵ_1 sont très différentes, une fraction importante de la puissance incidente peut être réfléchie. Le tableau II donne $\rho^2 = P_r/P_i$ pour quelques interfaces classiques aux fréquences 0,1 - 1 et 10 GHz.

Interface	100 MHz	1 GHz	10 GHz
air-peau	0,76	0,57	0,53
peau-graisse	0,34	0,23	0,23
graisse-muscle	0,35	0,26	-

TABLEAU II : Coefficient de réflexion ρ^2 aux interfaces.

PROFONDEUR DE PÉNÉTRATION DANS UN TISSU VIVANT,

La propagation de la puissance transmise P_t dans le milieu (2) est très différente suivant que le caractère diélectrique ou conducteur du tissu est dominant. En pratique, dès que le tissu contient un peu d'eau, il présente de fortes pertes ϵ'' ou $\frac{\sigma}{\omega}$ et la puissance P_t s'atténue rapidement dans la direction perpendiculaire à l'interface.

On définit alors une profondeur de pénétration δ telle que la puissance P_t à cette distance soit divisée par le facteur $(\frac{1}{e})^2 = 0,14$ environ.

Ainsi, 86 % de la puissance transmise dans un tissu est donc localisée dans cette épaisseur δ qui est fonction des pertes du milieu et de la fréquence de l'onde.

Le tableau III ci-après indique les valeurs de δ pour des tissus classiques. On remarque une nette différence entre les tissus contenant peu d'eau (graisse, os) et ceux en contenant beaucoup (peau, muscle, ceil).

Tissu	cerveau	lentille-oeil	graisse	muscle	peau
100 MHz	3,56	9,42	20,4	3,45	3,76
1 GHz	1,93	2,91	6,40	1,45	1,64
10 GHz	0,17	0,17	1,10	0,30	0,19

TABLEAU III : Profondeur de pénétration de l'onde dans différents tissus (en cm).

MODIFICATION DE L'ABSORPTION DES MICROONDES.

Pour une puissance d'irradiation donnée, l'absorption d'énergie est liée à la masse du sujet, à sa dimension par rapport à la longueur d'onde et à son orientation dans le champ électrique de l'onde. On est ainsi amené à compléter le paramètre exprimant la densité de puissance d'irradiation en mW/cm^2 par le taux d'absorption massique (SAR) en W/kg . Ce taux est défini par l'expression suivante :

$$\text{SAR} = \frac{1}{2\rho} \omega \epsilon_0 \epsilon'' E^2$$

où ρ est la densité du corps. Le SAR représente donc le taux d'énergie absorbée par unité de masse.

L'influence de la masse irradiée peut modifier dans un rapport 10 le SAR à une fréquence donnée. Ainsi, pour qu'un animal tel qu'un rat de 300 g présente le même SAR qu'un homme de 70 kg soumis à un rayonnement de $10 \text{ mW}/\text{cm}^2$, il faut que ce rat soit irradié à :

$$\begin{aligned} 50 \text{ mW}/\text{cm}^2 & \text{ pour } 10 \text{ MHz} \\ 90 \text{ mW}/\text{cm}^2 & \text{ pour } 100 \text{ MHz} \\ 1 \text{ mW}/\text{cm}^2 & \text{ pour } 1 \text{ GHz} \end{aligned}$$

CONCLUSION.

En limitant ces observations aux ondes électromagnétiques dont l'énergie quantique est inférieure à quelques eV, on voit que les caractéristiques physiques des rayonnements et les interactions de ceux-ci avec un milieu vivant doivent être considérées sous un angle très différent : en IR, visible et UV ce sont les liaisons moléculaires qui dominent les interactions ondes-milieu et qui sont la cible d'action de l'onde. Mais les longueurs d'onde associées sont très faibles devant les dimensions du corps et les phénomènes de propagation ne sont pas à considérer.

Par contre, aux fréquences hertziennes (microondes, HF et BF) les phénomènes de relaxation diélectrique des molécules d'eau et des biopolymères ainsi que les oscillations de charges libres constituent les mécanismes dominant l'interaction onde-milieu. De plus, les longueurs d'ondes associées pouvant être du même ordre de grandeur que les systèmes irradiés, des effets dimensionnels modifient profondément le taux d'absorption des ondes. La complexité des effets possibles explique que ce domaine des microondes nécessite encore beaucoup de travaux de recherche pour en apprécier complètement les limites d'action.

SAMENVATTING.

Na herhaling van enkele fysische basisgegevens worden de effecten van de propagatie van EM golven in gecondenseerde stof beschreven. Nadruk wordt bijzonder gelegd op karakteristieken van dielectrische relaxatie veroorzaakt door microgolven en HF, de balans op het lucht-levend weefsel scheidingsvlak en de penetratie diepte in dit weefsel.

ABSTRACT.

Starting from the physical basis of the propagation of EM waves in condensed matter, the author describes some of the molecular effects. Particular emphasis is made on characteristics of the electric relaxation caused by microwaves and HF, the balance on the air-living tissue interface and the penetration depth in this tissue.

ZUSAMMENFASSUNG.

Ausgehend von den physikalischen Grundlagen der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in verdichteter Materie, beschreibt der Autor einige der hervorgerufenen Effekte. Besonders ausführlich werden beschrieben: Die Charakteristik der durch Mikrowellen und HF hervorgerufenen dielektrischen Entspannung, die Bilanz der Grenzfläche Luft - lebendes Gewebe und die Eindringtiefe in dieses Gewebe.

Annales de l'Association Belge de Radioprotection, Vol. 6, n° 1 (1981).

A BRIEF REVIEW OF THE BIOLOGICAL EFFECTS OF NON-IONIZING RADIATION.

K.H. Chadwick,
Biology Division, Commission of European Communities, Brussels.

March 1981.

ABSTRACT.

Some biological effects of ionizing and non ionizing radiations according to their wavelength are reviewed. Some intriguing biological effects of electromagnetic waves at sub-thermal exposure levels are described including the effects of a combination of radiation with other agents. The difficulty for experimentation at very low levels is stressed.

Introduction.

Modern technological development has brought with it an increasing exposure of the general population to low levels of non-ionizing radiation. Radar installations, telecommunications, radio and television transmission, microwave cooking have increased the exposure to micro and radio frequency waves. Power transmission lines for the distribution of electricity cause extremely low frequency electromagnetic oscillations. Increased leisure leads to an increased exposure to ultraviolet light, as does the increasing use of solaria. The development of refined ultrasonic techniques in medical diagnosis has led to a widespread use of ultrasonics for pre-natal examination of the foetus. It is prudent to ask ourselves whether the exposure to low levels of all this non-ionizing radiation is entirely free of any health hazard.

Ionizing and Non-ionizing radiation

It is generally accepted that ionizing radiation can cause cancer and genetic defects and that a linear dose relationship should be assumed for the assessment of risk to low exposure levels (Fig. 1). There is no threshold and any increase in exposure leads to a slight increase in risk. Both the induction of cancer and the genetic defect can be related to damage to the DNA molecules of either somatic or genetic cells and ionizing radiation deposits sufficient energy per ionizing event to break DNA molecules. Thus, even though normal cells are capable of repairing a variety of DNA damage, the passage of one photon of gamma radiation carries with it a very small probability of causing a critical damage to the DNA molecules which may eventually be revealed as a cancer or genetic defect. And yet, mankind has always been exposed

to a natural background of ionizing radiation from cosmic rays and natural radioactivity at a level considerably higher than any exposure due to man-made radiation, except possibly the medical exposures which are comparable with the level of the natural background.

Ultraviolet radiation is the closest in energy to ionizing radiation, it can damage DNA, does cause skin cancer and mankind has always been exposed to varying levels of UV radiation from the sun. What is not known is whether the risk-exposure relationship is linear, as for ionizing radiation, or whether there is a threshold exposure, below which no harmful effect of UV occurs (Fig. 1). Here is thus a health hazard of non-ionizing radiation, closely akin to the hazard of ionizing radiation which deserves further research investigation.

Continuing further down the energy spectrum of electromagnetic non-ionizing radiation in order we have visible radiation, infrared, microwaves, radiowaves, none of these have sufficient energy such that one photon can break molecules and although these radiations deposit energy by altering the vibrational and rotational energy levels of the molecules it is clear that breakage of molecules will only arise as a consequence of the combined action of many photons acting simultaneously. The simultaneous, or near simultaneous action of several photons on one molecule implies that intensity will be an all important factor in determining any biological effect of these radiations. One might thus expect a threshold level, not of dose but of dose-rate, below which no effect would occur and below which the energy deposited in a molecule by one photon would be dissipated before a second photon arrived to reinforce the action of the first. The question is what is the threshold intensity. It is in any case an interesting and somewhat disturbing observation that, except for the optical radiation, we are all being exposed continually to low intensity levels of microwave and radio-frequency radiation which are, however, considerably greater than any levels experienced by our forefathers, we are not used to a natural background of these types of radiation of any significance.

Linear relationship

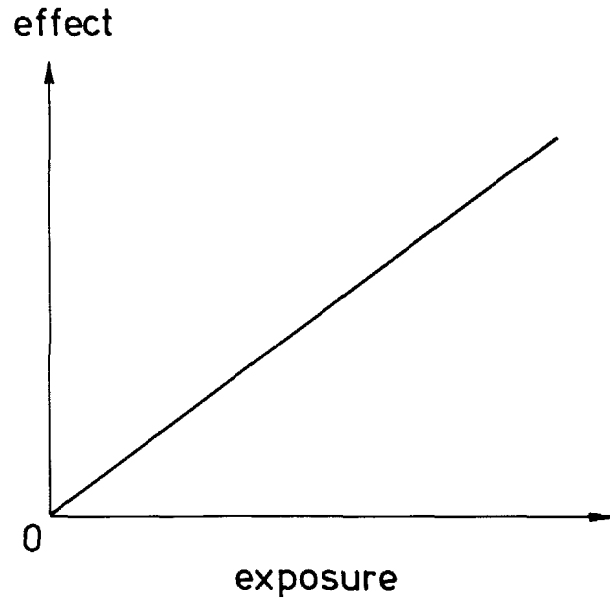
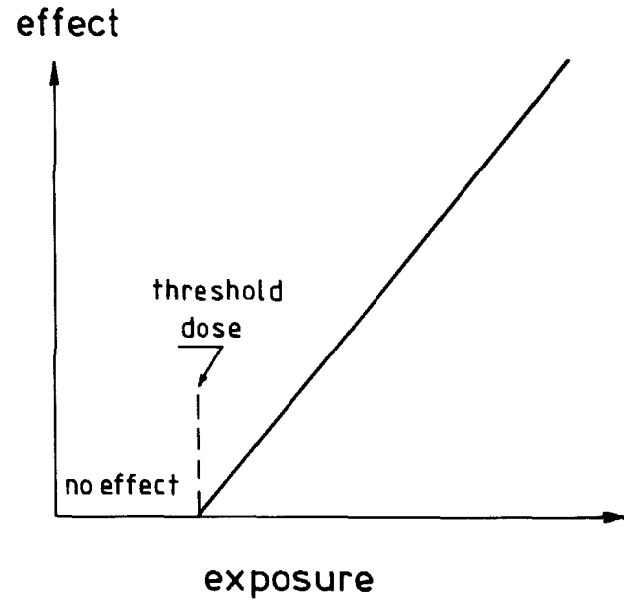


Figure 1 - a) A linear exposure-effect relationship

Threshold relationship



b) A threshold exposure-effect relationship.

Intensity Exposure Levels for Microwaves

Microwaves (and radiowaves), as opposed to optical radiation, have the ability to penetrate tissue and deposit their energy throughout the human body. When the intensity is high enough the energy deposited is not dissipated quickly enough and a heating of the tissues occurs causing biological effects.

The intensity exposure limits defined in the "West" are roughly speaking based on the belief that no harmful effects will be observed as long as no heating of the tissues occurs. This is in stark contrast with the limits established in the "East" which are very much lower than those in the "West".

I have been unable to find any firm undisputable scientific evidence for the limits defined in the "East", but I do wonder if the thermal threshold is really the same as the biological threshold and if levels calculated for macroscopic heating of tissue might not give differential localized heating in certain molecules such that microscopic "hot spots" might occur to cause special effects.

Some Intriguing Biological Effects.

In general, the recent literature on the biological effects of non-ionizing radiation seems to confirm the earlier impressions that no serious biological effects are found at sub-thermal exposure levels (1, 2, 3). However, certain recent results have intrigued me and I would like to review them here.

1. Gillois et al. (4) have shown that the survival of two different cell lines was similarly affected by microwaves even though the temperature sensitivity of the cell lines was quite different and even though the temperature of the cell medium at the end of microwave exposure would not cause cell killing. (See Fig. 2). This result implies that either microwave effects are not directly comparable with heating effects or that the temperature measurement in the medium was not representative for what was happening in the cells.

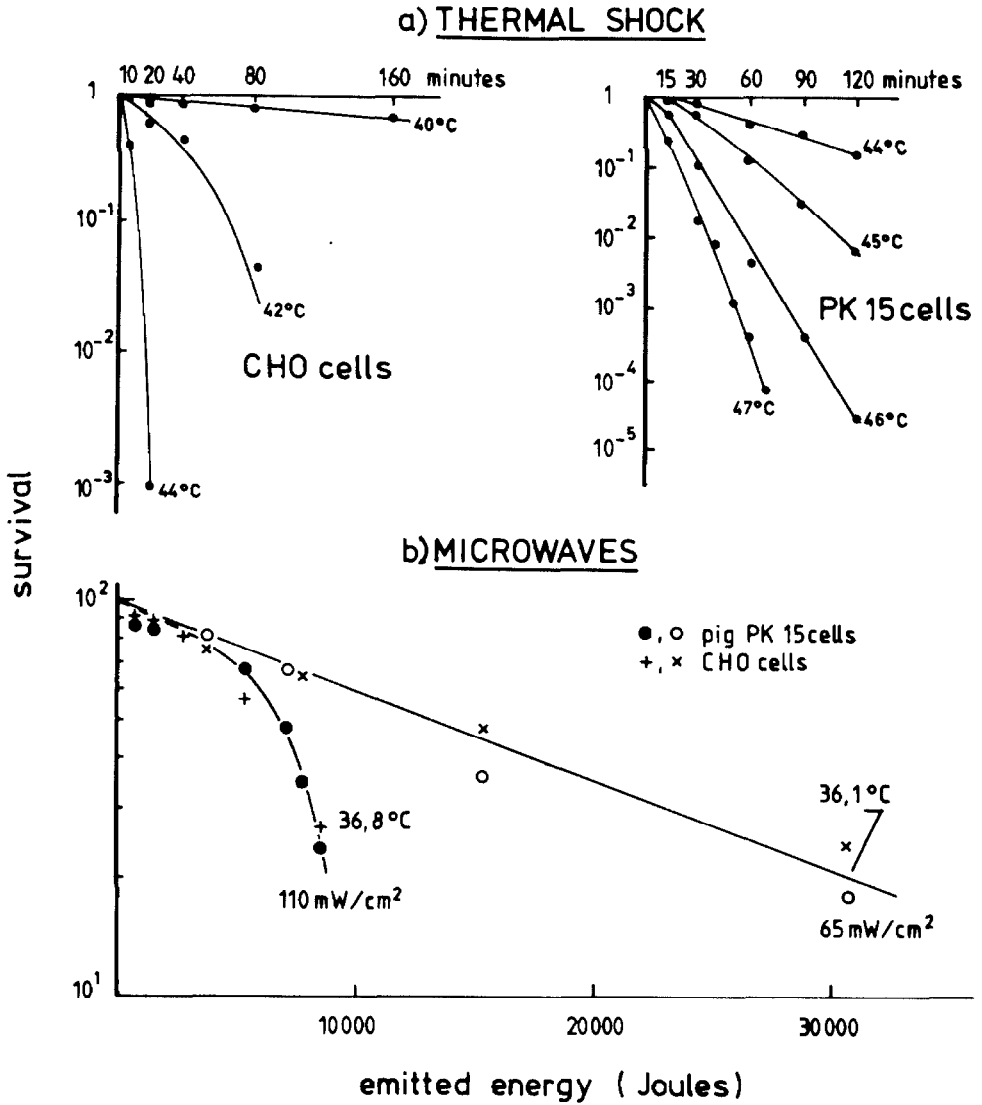


Figure 2 - a) Sensitivity of CHO and PK15 cells to killing by thermal shock (see ref. 4)

b) Sensitivity of CHO and PK15 cells to killing by microwaves.

A completely different conclusion was reached by Harrison et al. (5) who studied the effect of microwaves on the killing of cells by conventional heating and concluded that the extra killing caused by the additional microwave exposure was completely compatible with the increase in temperature in the cells caused by the microwaves. Gillois et al. also show that although exposure to microwaves is not in itself mutagenic, combination of the chemical mutagen EMS and microwaves more than doubles the effect of EMS alone (see table 1). The fact that microwaves themselves are not mutagenic is reassuring in view of the association between mutation and cancer but the potentiating role of microwaves bears a deeper examination. A comparative heat shock control is not given in this experiment and no indication of survival levels caused by the two treatments is available. Even so the potentiating effect is disconcerting and more experiments like this at lower power levels would be very interesting.

2. In experiments which gave a comparable result Dardalhon et al. (6) reported that although microwave exposure of yeast cells did not induce any genetic effects or cell killing, when the exposure preceded UV exposure of the cells a small potentiating effect on both genetic effects and cell killing was noticed. The effect disappeared when the microwave power was reduced but the effect could not be ascribed to the heating of the cells although a specific thermic effect of the microwaves is not excluded. These experimental results are important because they indicate that low level microwave exposures of cells *in vitro* do not cause damage to the DNA molecules and, extrapolating the current conventional concepts, would not cause directly either cancer or genetic defects. However, the results do indicate that the microwaves might easily potentiate the damaging action of other DNA antagonistic agents. The low level microwave exposure is thus possibly a factor which may play a secondary role in the incidence of these effects.

<i>Souche cellulaire PK 15</i>	Ouabaïne résistance - Expression génique codominante - Situation autosomale.			
	Témoin	EMS 300 µg/ml 6 heures	EMS 300 µg/ml 6 heures microondes 16 W 15'	Microondes 16 W 15'
Nombre de répétitions indépendantes	5	5	5	5
Nombre total de boîtes étalées	28	22	24	16
Nombre de cellules par boîtes	$5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$
Fréquence des mutants pour $1 \cdot 10^6$ cellules	0,80	11,76	43,71	0,69
<i>Souche cellulaire PK 15</i>	Thioguanine résistance - Expression récessive situation liée au sexe.			
	Témoin	EMS 300 µg/ml 6 heures	EMS 300 µg/ml 6 heures microondes 16 W 15'	Microondes 16 W 15'
Nombre de répétitions indépendantes	5	5	5	5
Nombre total de boîtes étalées	31	10	10	19
Nombre de cellules par boîtes	$5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$
fréquence des mutants pour $1 \cdot 10^6$ cellules	2,34	12,25	32,46	1,49

Table 1. Relation between microwave exposure and chemical mutagen in PK 15 cells (ref. 4).

3. The third experiment I would like to mention might not be completely unrelated to the first two although I do not think the association is quite as direct as might at first appear. Szmigielski et al. (7) studied the effect of microwave exposure and overcrowding stress on the occurrence of breast cancer in a strain of mouse with a high spontaneous incidence and also on the occurrence of chemically induced skin cancer in another mouse strain. They found that low level microwave exposure accelerated the development of the cancers in both cases but the sub-thermal exposures (5 mW/cm^2) gave an acceleration equivalent to that caused by the overcrowding stress. (Fig. 3). This was the same whether the microwave or overcrowding stress preceded or was simultaneous with the application of the chemical carcinogen. At higher microwave exposure levels (15 mW/cm^2) which probably caused some heating of the mice the acceleration of cancer development was clearly greater than that caused by overcrowding stress. Szmigielski et al. suggest that the accelerated development of the cancer might be the result of a depression of immune response caused by stress conditions either from microwave exposure or overcrowding, they also mention that mice might be able to "hear" microwaves and be stressed because of this and they are not prepared to extrapolate their results to humans without much more research.

In a different vein the results of Zaret (8) are also very interesting. The results concern the possible induction of cataracts as a consequence of exposure to non-ionizing radiation associated with video display terminals. The paper presents the results of neither a scientific investigation or an epidemiological survey but lists a number of cases of radiant energy associated cataracts occurring in people who were all operating video display units. Both ultraviolet exposure and micro- and radio-wave exposures are implicated as possible causes of the cataracts. It is well known that ionizing radiation, UV and infra-red light exposures can cause cataracts. It seems reasonable to expect that some people may be sensitive to cataract induction by non-ionizing radiation and Zaret claims that the U.S. exposure standards are too high. In this respect it is interesting to note the publications by Dawkins et al. (9, 10) which suggest that the deposition of microwave energy per unit volume for a given power density may be five to ten times greater for bound water than free water, and that the high proportion of bound water in the lens has implications for the general area of microwave hazards. The

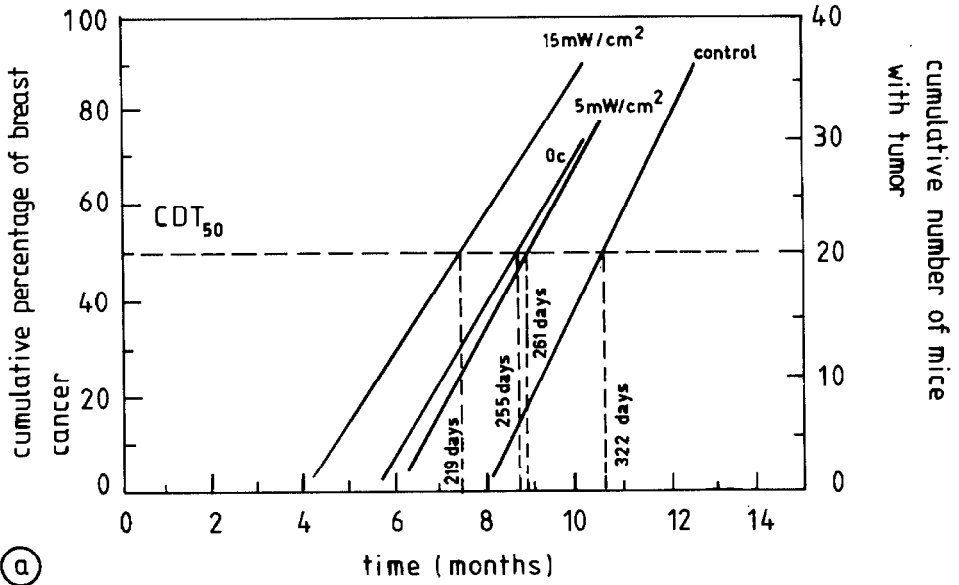


Figure 3 - a) Appearance of breast tumours in mice exposed to 15 or 5 mW/cm² 2450 MHz microwaves or kept in overcrowded conditions (see ref. 7)

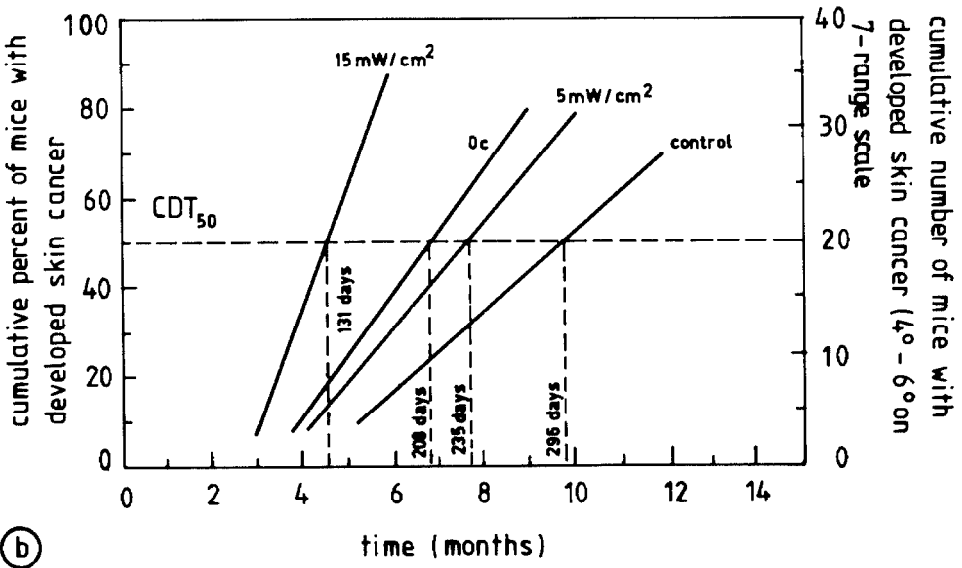


Figure 3 - b) Development of benzopyrene induced skin cancer in mice exposed to microwaves (see ref. 7).

paper of Zaret (8) does not provide any indication of how many of these cataracts he finds that are not associated with the video display units, until some statistics has been produced it is difficult to form any definite conclusions but it is probably prudent, in view of the very rapid growth in the use of these units, to proceed with due caution.

Concluding Remarks

The two most important consequences of ionizing radiation, cancer and genetic defects, are classified as "stochastic" effects, where each increment in dose is assumed to be accompanied by a concomitant increase in risk. They are almost certainly associated with damage to the DNA of cells of the body. The other "non-stochastic" effects are assumed to have a threshold. Ultraviolet radiation can affect and damage the DNA and cause skin cancer. Microwave exposure apparently does not damage the DNA at sub-thermal exposure levels and we can be somewhat reassured about its ability to induce cancer or genetic defects directly. The question is "Are there other effects leading to health hazards that low level exposure to non-ionizing radiation might cause?" In this respect it must not be forgotten that ionizing radiation does not selectively damage the DNA molecule, it interacts with all the molecules in the cell and certainly causes changes in for instance membranes. However, none of these molecular interactions appear to lead to any observable health hazard. Is there any reason to suspect that the lower energy non-ionizing radiation at sub-thermal levels is capable of causing specific types of damage which ionizing radiation cannot. I do not know, but I think some answers to this question might lead us to a useful assessment of the possible health hazards of low level non-ionizing radiation exposure.

One further comment with respect to the comparison between ionizing and non-ionizing radiation is relevant. It concerns the enormous difficulty which faces research workers who are looking for biological effects at very low exposure levels. Even though it is generally accepted that a small increase in ionizing radiation dose should cause a small increase in effect it has been extremely difficult to obtain definite and conclusive experimental results at radiation doses of the same order of magnitude as the natural background. This difficulty does not necessarily mean that there is no effect of ionizing radiation at these doses. We must anticipate the same sort of difficulty when we try to find biological effects of low level exposure to non-ionizing radiation. It might be very difficult to prove that there is a small risk or no risk from exposure to non-ionizing radiation at low levels.

References

1. Biological Effects of High-Voltage Electric Fields: An Update. Electric Power Research Institute Report EPRI EA-1123. July 1979.
2. Proceedings of an International Symposium on Electromagnetic Waves and Biology URSI-CNFRS. ed. A. Berteaud and B. Servantie, Paris 1980.
3. E.H. Grant. Book Review of "Biological Effects of Extremely low Frequency Electromagnetic Fields. Proc. 18th Hanford Life Sciences Symp. ed. R.D. Phillips, M.F. Gillis, W.T. Kaune and D.D. Mahlum. CONF-781016. 1979" in Phys. Med. Biol. 28, 1, 1981. pp 188-189.
4. M. Gillois, C. Auge and C. Chevalet. Proc. Int. Symp. Electromagnetic Waves and Biology URSI-CNFRS. ed. A. Berteaud and B. Servantie, Paris 1980, pp 9-15.
5. G.H. Harrison, J.E. Robinson, D. McCulloch and A.Y. Cheung. Proc. Int. Symp. Electromagnetic Waves and Biology URSI-CNFRS. ed. A. Berteaud and B. Servantie. Paris, 1980. pp 41-46.
6. M. Dardalhon, D. Averbeck and A.J. Berteaud. Proc. Int. Symp. Electromagnetic Waves and Biology URSI-CNFRS ed. A. Berteaud and B. Servantie. Paris 1980, pp 17-24.
7. S. Szmigielski, A. Szudzunski, A. Pietraszek and M. Bielec. Proc. Int. Symp. Electromagnetic Waves and Biology URSI-CNFRS ed. A. Berteaud and B. Servantie. Paris 1980. pp 165-170.
8. M.M. Zaret, Proc. Int. Symp. Electromagnetic Waves and Biology URSI-CNFRS ed. A. Berteaud and B. Servantie. Paris 1980, pp 197-204.
9. A.W.J. Dawkins, C. Gabriel, R.J. Sheppard and E.H. Grant. Phys. Med. Biol. 1981. 26. 1-10.
10. A.W.J. Dawkins, N.R.V. Nightingale, G.P. South, R.J. Sheppard and E.H. Grant. Phys. Med. Biol. 1979. 24. 1168-76.

Acknowledgement

This paper is publication number 1753 of the Biology Division of the Commission of the European Communities.

RESUME.

Certains effets biologiques des radiations ionisantes et non ionisantes sont décrits pour différentes longueurs d'ondes. Certains effets biologiques curieux du rayonnement électromagnétique à des niveaux d'exposition sous thermiques sont décrits ainsi que les effets d'une exposition combinée avec d'autres agents. La difficulté d'une expérimentation à des niveaux très bas est soulignée.

SAMENVATTING.

Enkele biologische effecten van ioniserende en niet ioniserende stralen worden beschreven voor verschillende golflengtes. Enkele bijzondere biologische effecten van elektromagnetische golven op subthermische blootstellingsdosissen worden beschreven evenals de effecten van een simultane blootstelling aan stralen en andere agentia. De moeilijkheid voor experimentatie op zeer laag niveau wordt onderstreept.

ZUSAMMENFASSUNG.

Es wird ein Überblick gegeben über einige biologische Effekte, die ionisierende und nicht ionisierende Strahlungen in Abhängigkeit von ihrer Wellenlänge ausüben. Einige interessante biologische Effekte elektromagnetischer Wellen bei sub-thermischen Belastungsniveaus werden beschrieben zusammen mit den Effekten, die aus einer Kombination von Strahlung mit anderen Agentien herrühren. Die Schwierigkeit der Durchführung von Experimenten bei niedrigem Niveau wird unterstrichen.

Annales de l'Association Belge de Radioprotection.

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 (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 sur une machine électrique de préférence ;
- Utiliser un ruban noir neuf ;
- 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 de format Din A4 ;
- Maintenir le texte, dessins et figures dans un 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) ;
- 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 et photos soient de dimension suffisante pour rester lisibles après réduction, 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 ;
- Numérotter les pages au crayon au verso.

SUBDIVISIONS (voir le schéma à la page suivante).

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 (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 (environ 10 lignes).

3) Article (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 document, (année de parution), page. Les extraits de recueil sont indiqués avec les titre, auteur, année et éditeur.

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

5) Traduction du résumé en néerlandais, anglais et allemand .

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 être faites par la rédaction.

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 ; les photos supplémentaires sont à charge de l'auteur.
- Le nombre total de pages devrait être 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.

TITRE (en majuscules).

Dupont D.,

Laboratoire ou Institut (nom, adresse, ville,pays)

Date (réception texte)

RESUME.

..... interligne simple
.....
.....
.....

INTRODUCTION.

..... interligne 1 1/2
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

REFERENCES :

- (1) GILROY, H.M., Trans. Amer. Nucl. Soc., 3, 1 (1960) 190.
- (2) GURINSKY, D.H. et al., Finding a container material for the uranium-bismuth system, Nucleonics, 12, 7 (1954) 40.
- (3) ALLEN, R.A. et al., UKAEA Rep. AERE-R2938 (1961) 199.
- (4) GSCHIEDER, K.A. Jr et al., Principles of the alloying behaviour of rare-earth metals, Ch. 17 of "The Rare Earths", Spedding F.H., Daane, A.H. Eds (1961) Wiley, New York.
- (5) ...

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 GETIJPTE TEKST.

De door de auteur getijpte tekst wordt rechtstreeks afgedrukt (na reductie op 8/10). Om de afdruk mogelijk te maken en een goede leesbaarheid te bekomen, zijn de volgende richtlijnen te respecteren.

- Een goede, liefst elektrische, schrijfmachine gebruiken ;
- Een zwart nieuw lint gebruiken ;
- Zwarte inkt gebruiken voor handgeschreven formules en tekeningen ;
- Tekeningen op ware grootte in de tekst op de 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 kader van 160 x 240 mm in het midden van het blad houden ;
- Enkel op een zijde tippen ;
- De tekst met anderhalve tussenregels, de abstracts met enkele tussenregels tippen ;
- 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 onderzijde (niet op de voorziene plaats kleven) ;
- 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 en tabellen groot genoeg zijn om leesbaar te blijven na reductie maar steeds binnen de kader 160 x 240 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 (zie schema op volgende bladzijde).

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 voornaam ;
- naam en adres van het laboratorium of instituut.
- Vijf lijnen open laten voor eventuele melding van datum van ontvangst.

2) Samenvatting (enkele tussenregels).

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 (ongeveer 10 lijnen).

3) Artikel (anderhalve tussenregels).

Het artikel wordt ingedeeld in paragrafen genummerd met arabische cijfers.

4) Referenties.

Vermeldingen komen 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, uitgever.

Vermelding van de titel van het artikel enkel indien noodwendig voor identificatie.

5) Vertalingen van de samenvatting in Frans, Engels en Duits.

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

OPMERKINGEN.

- Elke auteur ontvangt gratis 25 uittreksels 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.

TITEL (in hoofdletters).

Dupont D., ...

Laboratorium of instituut (naam, adres, stad, land).

Datum (van ontvangst).

SAMENVATTING.

..... (enkele tussenregel)

.....
.....
.....

INLEIDING.

..... (anderhalve tussenregel)

.....
.....
.....
.....
.....
.....

REFERENTIES :

- (1) GILROY, H.M., Trans. Amer. Nucl. Soc., 3, 1 (1960) 190.
- (2) GURINSKY, D.H. et al., Finding a container material for the uranium-bismuth system, Nucleonics, 12, 7 (1954) 40.
- (3) ALLEN, R.A. et al., UKAEA Rep. AERE-R2938 (1961) 199.
- (4) GSCHIEDER, K.A. Jr et al., Principles of the alloying behaviour of rare-earth metals, Ch. 17 of "The Rare Earths", Spedding F.H., Daane, A.H. Eds (1961) Wiley, New York.
- (5)