

Annalen
van
de Belgische Vereniging
voor
Stralingsbescherming

VOL. 5 N° 2

1980

Driemaandelijkse
uitgave

Publication
trimestrielle

Annales
de
l'Association Belge
de
Radioprotection

Hoofdredacteur

Dr M.H. FAES
S.C.K./C.E.N.
2400 Mol.

Rédacteur en chef

Redactiesecretariaat

Mme Cl. STIEVENART

Secrétaire de rédaction

14, rue Juliette Wytmansstraat,
1050 Bruxelles - Brussel.

INHOUD.

SOMMAIRE.

L. BAEKELANDT :

Vervoer van radioactieve stoffen -
Reglementaire aspecten.

71 - 88

I. LAFONTAINE :

Trafic général et transport de matières radioactives.

89 - 104

I. LAFONTAINE :

Transport de matières radioactives en emballages du
type B(U).

105 - 120

Annalen van de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming, Vol. 5, n°2 (1980).

VERVOER VAN RADIOAKTIEVE STOFFEN - REGLEMENTAIRE ASPEKTEN.

BAEKELANDT L.

Ministerie van Volksgezondheid en van het Gezin
Dienst Milieuhinder
1010 Brussel

25 april 1980

SAMENVATTING :

In dit artikel wordt een overzicht gegeven van de reglementering betreffende het vervoer van radioactieve stoffen. Na een overzicht van de eerder technische I.A.E.A.-voorschriften worden de Belgische administratieve voorschriften aangehaald.

INLEIDING :

Tijdens de laatste jaren is het gebruik van radioactieve stoffen toegenomen, zowel voor medische en industriële toepassingen, wetenschappelijk onderzoek als voor de produktie van elektriciteit.

Men is er zich vrij vlug rekenschap van gaan geven dat het vervoer van radioactieve stoffen zó moest georganiseerd worden, dat personen, goederen en het milieu zo goed mogelijk moesten beveiligd worden, zonder daarom het verkeer van deze stoffen al te zeer te bemoeilijken.

In 1959 werd door de Economische en Sociale Raad van de Verenigde Naties de wens geuit dat de Internationale Organisatie voor Atoomenergie (I.A.E.A. - International Atomic Energy Agency) belast zou worden met het opstellen van aanbevelingen voor het vervoer van radioactieve stoffen. De eerste "I.A.E.A.-Regulations for the safe transport of radioactive materials" werden in 1961 gepubliceerd (1), als aanbevelingen voor de lidstaten en de internationale organisaties.

Vooropgesteld werd dat de volgende basis-criteria nodig waren om de risico's, verbonden aan het vervoer van radioactieve stoffen binnen aanvaardbare grenzen te houden :

- 1° doeltreffend onder controle houden van de straling door die stoffen uitgezonden ;
- 2° doeltreffende verpakking ;

- 3° adekwate verspreiding van de warmte die gegenereerd wordt door de absorptie van de uitgezonden stralingen ;
- 4° voor splijtstoffen, voorkomen van kritikaliteit.

Rekening houdend met de ervaringen bij het vervoer van radioactieve stoffen en met de resultaten van wetenschappelijk onderzoeks- en ontwikkelingswerk, werd deze reglementering aangevuld en verbeterd in 1964 (2), in 1967 (3) en in 1973 (4). Aan deze laatste uitgave werden inmiddels ook enkele detail-wijzigingen aangebracht in 1975, in 1977 en in 1979; de bijgewerkte versie werd einde 1979 door de Internationale Organisatie voor Atoomenergie uitgegeven ("Regulations for the safe transport of radioactive materials, 1973 edition, as amended") (5).

De herziene uitgave van 1973 is de basis van de internationale overeenkomsten voor het vervoer van gevaarlijke goederen, waaronder de radioactieve stoffen als gevaarlijke goederen van klasse 7 gerangschikt zijn :

- over de weg : Europees Verdrag betreffende het internationaal vervoer van gevaarlijke goederen over de weg (A.D.R.) en bijlagen A en B (6) ;
- per spoor : Internationaal Verdrag betreffende het goederenvervoer per spoor (C.I.M.) en bijlagen ; bijlage I is het Internationaal Reglement betreffende het vervoer van gevaarlijke goederen per spoor (R.I.D.) (7) ;
- per schip : Internationale Maritieme Code voor gevaarlijke stoffen, uitgegeven door de Intergouvernementele Maritieme Consultatieve Organisatie (I.M.C.O.) (8), voor de zeevaart, en het reglement voor het vervoer van gevaarlijke stoffen over de Rijn (A.D.N.R.) (9) voor de binnenvaart; een meer algemeen reglement voor de binnenvaart is in voorbereiding (A.D.N.);
- per vliegtuig : I.A.T.A.-reglement voor het vervoer van gereguleerde goederen, onderschreven door de meeste luchtvaartmaatschappijen (10); een reglement in het kader van het Verdrag van Chicago betreffende de burgerluchtvaart (I.C.A.O.) is in voorbereiding.

Het vervoer van radioactieve stoffen moet in België gebeuren overeenkomstig de bepalingen van de van kracht zijnde internationale overeenkomsten (11).

Onverminderd die bepalingen moeten ook deze van het Algemeen Reglement op de bescherming van de bevolking en van de werknemers tegen het gevaar van de ioniserende stralingen (11) nageleefd worden.

Het Reglement van de Internationale Organisatie voor Atoomenergie (5)

In de I.A.E.A.-reglementering wordt de nadruk gelegd op de verpakking van de radioactieve stoffen, m.a.w. op de verantwoordelijkheid van de verzender. Dit betekent evenwel geenszins dat de vervoerder geen enkele verantwoordelijkheid heeft voor het veilig vervoer van radioactieve stoffen. Bij het vaststellen van de eisen waar de verpakkingen moeten aan voldoen, werd rekening gehouden met de radiotoxiciteit van de stoffen, met de hoeveelheid (aktiviteit) van de te vervoeren stoffen, alsook met de konditionnering van de radio-isotopen (bvb. het al dan niet ingekapseld zijn.)

De objektieven van het I.A.E.A.-reglement zij :

- 1° de stralingsdoses voor transportarbeiders en de bevolking beperken tot aanvaardbare niveaus onder normale vervoersomstandigheden ;
- 2° de risico's van ongevallen voor transportarbeiders en de bevolking tot aanvaardbare niveaus beperken ;
- 3° het internationaal vervoer van radioactieve stoffen nietodeloos vervoeren.

Definities.

Voor de toepassing van de reglementering worden als radioactieve stoffen beschouwd, deze met een soortelijke aktiviteit van meer dan 0,002 $\mu\text{Ci/g}$.

Een radioactieve stof in speciale toestand is hetzij een niet verspreidbare vaste radioactieve stof, hetzij een verzegelde capsule die een radioactieve stof bevat; deze capsule moet zodanig zijn, dat zij slechts door vernietiging kan geopend worden. Een radioactieve stof in speciale toestand moet voldoen aan de volgende voorwaarden :

- 1° ten minste één van haar afmetingen moet gelijk zijn aan of groter dan 5 mm ;
- 2° zij moet weerstaan aan de volgende beproevingen : val-test van 9 m hoogte, stootproef, buigproef (voor bronnen met een lengte van 10 cm of meer, of met een verhouding lengte/breedte groter dan of gelijk aan 10), verhittingsproef op 800° C.

Als spijtstoffen worden beschouwd de isotopen Pu-238, Pu-239, Pu-241, U-233 en U-235, met uitzondering van onbestraald natuurlijk of verarmd uranium.

De colli die splijtstoffen bevatten worden onderverdeeld in drie klassen :

- 1° splijtstofklasse I omvat de colli die veilig zijn voor gelijk welk aantal en gelijk welke configuratie (opstapeling), onder alle te voorziene vervoersomstandigheden ;
- 2° splijtstofklasse II omvat de colli die, in een beperkt aantal, veilig zijn voor gelijk welke opstapeling, onder alle te voorziene vervoersomstandigheden ;
- 3° splijtstofklasse III omvat colli die veilig zijn onder alle te voorziene vervoersomstandigheden, door het nemen van bijzondere voorzorgen of controles.

Onder te voorziene vervoersomstandigheden wordt verstaan : insijpeling van water in de colli of uitvloeijing van water uit de colli; verlies van doeltreffendheid van ingebouwde absorberende stoffen of neutronenvertragers ; wijziging van de schikking van de inhoud, waardoor de reaktiviteit groter wordt ; vermindering van de ruimten tussen de colli of hun inhoud ; onderdampeling van de colli in water of sneeuw ; eventuele verhoging van de reaktiviteit ten gevolge van temperatuurschommelingen.

Een unilaterale goedkeuring is een goedkeuring die gegeven wordt door de bevoegde overheid van het land van oorsprong.

Een multilaterale goedkeuring is een goedkeuring die gegeven wordt, zowel door de bevoegde overheid van het land van oorsprong als door die van elk land op wiens groengebied het vervoer plaatsvindt.

Een verpakking van type A is een verpakking die ontworpen is om te weerstaan aan normale vervoersomstandigheden, slechte weersomstandigheden en ruwe behandeling inbegrepen.

Een collo van type A is een verpakking van type A met zijn beperkte inhoud.

Een verpakking van type B is een verpakking die ontworpen is om te weerstaan aan de gevolgen van een verkeersongeval.

Een collo van type B(U) is een verpakking van type B met zijn inhoud, waarvoor een unilaterale goedkeuring vereist is.

Een collo van type B(M) is een verpakking van type B met zijn inhoud, waarvoor een multilaterale goedkeuring vereist is, omdat niet aan alle ontwerp-criteria (in verband met de omhulling) van een collo van type B(U) kan voldaan worden.

Onder toelaatbaar aantal colli verstaat men het maximum aantal colli behorend tot de splijfstofklassen II of III die gedurende het transport op dezelfde plaats mogen gegroepeerd worden.

De transport-index is het getal dat de stralingsintensiteit op 1 m van de buitenzijde van het collo aangeeft, en uitgedrukt wordt in mrem/uur. Voor colli behorend tot de splijfstofklasse II of III is dit het grootste getal van de volgende twee :

- 1° stralingsintensiteit op 1 m ;
- 2° het getal 50 gedeeld door het toelaatbaar aantal.

Met wagenlading wordt een lading bedoeld, die afkomstig is van één enkele verzender, waarbij geen niet-radioactieve stoffen geladen worden in dezelfde laadruimte en waarvoor het laden en het lossen uitgevoerd worden volgens de aanwijzingen van de verzender of van de bestemming.

De letters LLS staan voor "low level solid", dit zijn vaste stoffen met geringe activiteit, zoals gesolidifieerde laag radioactieve vloeibare afval.

De letters LSA staan voor "low specific activity material", dit zijn stoffen met geringe soortelijke activiteit, zoals uranium-ertsen en -concentraten, niet bestraald natuurlijk of verarmd uranium, waterige oplossing van tritium-oxide met een soortelijke activiteit die kleiner is dan 10 Ci/l.

Het symbool A_1 staat voor de maximum activiteit van een radioactieve stof in speciale toestand die toegelaten wordt in een collo van type A. Bij de bepaling van die activiteit werd uitgegaan van de veronderstelling dat bij een ongeval de afscherming volledig verloren gaat en dat de niet-afgeschermd bron een stralingsintensiteit geeft van 1 rem/uur op een afstand van 3 m.

Het symbool A_2 staat voor de maximum-aktiviteit van een radio-aktieve stof niet in speciale toestand, die toegelaten wordt in een collo van type A. Bij de bepaling van die aktiviteit werd uitgegaan van de veronderstelling dat bij een ongeval een duizendste van de aktiviteit vrijkomt en dat hiervan een duizendste door een persoon opgenomen wordt; deze hoeveelheid werd gelijk genomen aan de helft van de limiet voor de jaarlijkse opname door beroepshalve aan stralingen blootgestelde werknemers en geeft een dosis die kleiner is dan 3 rem.

Criteria voor het ontwerpen van colli.

Alle colli die radioaktieve stoffen bevatten, moeten aan een reeks basis-voorwaarden voldoen, zoals : gemakkelijk te hanteren en vast te maken tijdens het vervoer ; voldoende veiligheidsmarge voor "bruuske hijsing"; zoveel mogelijk vermijden dat water wordt vergaard op het buitenoppervlak ; gemakkelijk te ontsmetten buitenoppervlak. Voor het vervoer van kleine hoeveelheden ("exempt quantities", voor vaste stoffen 0,1 % van A_1 of A_2 naargelang het om stoffen in speciale toestand gaat of niet) mogen colli gebruikt worden die enkel aan deze criteria beantwoorden.

Sterke industriële colli, die bijvoorbeeld gebruikt worden voor het vervoer van LLS en LSA-stoffen, moeten daarenboven hun inhoud behouden indien zij aan de valproef en de samendrukkingsproef, die voorgescreven is voor colli van type A, onderworpen worden.

Colli van type A moeten bestand zijn tegen de normale vervoersomstandigheden, ruwe behandeling en slechte weersomstandigheden inbegrepen. Aangenomen wordt dat dit zo zal zijn, indien de omhulling en de afscherming behouden blijven na een reeks beproevingen :

- 1° waterbesprenkelingsproef (minstens een uur) ;
- 2° vrije val van geringe hoogte (1,2 m of minder, afhankelijk van het gewicht) op een niet vervormbaar oppervlak ;
- 3° samendrukkingsproef (24 uur) ;
- 4° penetratieproef (val van een staaf van 6 kg vanaf een hoogte van 1 m op het collo).

Er zijn bijkomende testen vereist voor colli die bestemd zijn om gassen of vloeistoffen te bevatten.

Colli van type B(U) en B(M) moeten bestand zijn tegen ongevallen.

Aangenomen wordt dat dit zo is, indien de omhulling en de afscherming behouden blijven na een reeks beproevingen :

- 1° deze voorgeschreven voor colli van type A ;
- 2° mechanische proeven : vrije val van 9 m hoogte op een niet vervormbaar ongeval en val van 1 m hoogte op een stalen staaf ;
- 3° thermische proef : hiervoor wordt het collo 30 minuten in een omgeving met een temperatuur van 800° C gebracht ;
- 4° onderdompelingsproef : hiervoor wordt het collo 8 uur op een diepte van 15 m onder water gebracht (druk van 1,5 kg/cm²).

Hierbij dient opgemerkt dat de proeven in die volgorde worden uitgevoerd die een maximale beschadiging veroorzaakt.

Voor colli, zowel van type A, als van type B(U) en B(M), die bestemd zijn om splijststoffen te bevatten, moeten bijkomende voorwaarden vervuld worden, onder meer om te voorkomen dat water binnendringt na de proeven die voorgeschreven zijn voor de colli van type B(U) en B(M).

In de praktijk betekent dit dat voor elk ontwerp van een collo, d.w.z. verpakking + inhoud, een grondige kritikaliteitsstudie wordt uitgevoerd.

Etikettering en markering van de colli.

Op colli die gebruikt worden voor het vervoer van "exempt"-hoeveelheden, moet enkel het woord "radioactief" als waarschuwing aangebracht worden.

Colli die LLS of LSA-stoffen bevatten moeten gemerkt zijn met de woorden "Radioactief LLS", resp. "Radioactief LSA".

Alle colli van type A, B(U) of B(M), alsook colli die sommige categorieën van LSA-stoffen bevatten, zijn in één van de volgende drie categorieën ondergebracht.

I-Wit, indien het stralingsniveau op gelijk welk punt van het buitenoppervlak lager is dan of gelijk is aan 0,5 mrem/h ; het collo mag niet tot de splijststofklasse II of III behoren ;(Figuur 1).



Fig. 1.- Etiket voor een collo van categorie I-Wit (de achtergrond is wit; het cijfer I heeft een rode kleur).

II-Geel, indien het collo niet behoort tot de splijtstofklasse III, de transport-index niet groter is dan 1,0 en het stralingsniveau op gelijk welk punt van het buitenoppervlak hoger is dan 0,5 mrem/h, doch niet hoger dan 50 mrem/h ; (Figuur 2).



Fig. 2.- Etiket voor een collo van categorie II-geel (de achtergrond van de bovenste helft is geel; het cijfer II heeft een rode kleur).

III-Geel, indien het stralingsniveau hoger is dan 50 mrem/h, doch niet hoger dan 200 mrem/h (1000 mrem/h bij wagenlading) op gelijk welk punt van het buitenoppervlak ;
 indien de transport-index groter is dan 1, doch kleiner dan 10 (behalve als wagenlading) ;
 indien het collo tot de splijtstofklasse III behoort ;
 indien het collo vervoerd wordt onder bijzondere overeenkomst, d.w.z. als niet alle bepalingen van het reglement nageleefd worden (Figuur 3)



Fig. 3.- Etiket voor een collo van categorie III-geel (de achtergrond van de bovenste helft is geel; het cijfer III heeft een rode kleur).

Elk collo zal voorzien zijn van minstens twee etiketten, overeenkomstig de categorie, langs twee tegenoverliggende zijden. Op elk etiket worden ook de volgende gegevens vermeld : symbool van het isotoop, activiteit, transport-index en de term "wagenlading" indien nodig.

Op elk collo met een bruto-gewicht groter dan 50 kg moet dit gewicht vermeld worden.

Op colli van type A moeten de woorden "type A" aangebracht worden. Op colli van type B(U), resp. B(M) moeten de woorden "type B(U)", resp. "type B(M)" aangebracht worden, evenals het identiteitsmerk dat door de bevoegde overheid werd toegekend.

Etikettering van het voertuig.

Volgens het I.A.E.A.-reglement moet het voertuig gemerkt zijn met een wit etiket, met minimum-afmetingen 15 cm x 15 cm, waarop het radioactief kenteken (zwarte kleur) en het woord "radioactief" staan (figuur 4). Dit etiket moet op de achterzijde en op de twee zijwanden van het voertuig aangebracht worden.

Voor nationale transporten dienen evenwel de door de Belgische reglementering voorgeschreven etiketten (magenta kenteken op gele achtergrond) te worden aangebracht.



Fig. 4.- Op het voertuig aan te brengen etiket.

Transport-voorschriften.

Een collo dat radioactieve stoffen bevat mag geen andere voorwerpen bevatten dan deze die nodig zijn voor het gebruik ervan ; de veiligheid mag er evenwel niet door verminderd worden.

De afwrijfbare radioactieve besmetting van de buitenwanden van het collo moet zo laag mogelijk gehouden worden, doch mag de volgende grenswaarden niet overschrijden :

10^{-4} $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ voor β - en γ -stralers en voor α -stralers met lage toxiciteit (Uranium en Thorium) ;
 10^{-5} $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ voor de andere α -stralers.

Het aantal colli van de categorieën II-Ceel en III-Ceel dat in een ruimte wordt geladen, is zó beperkt dat de som van de transport-indices niet hoger is dan 50.

De colli moeten behoorlijk gestapeld en vastgemaakt worden.

Bij wagenlading is de stralingsintensiteit beperkt tot 200 mrem/h aan het buitenoppervlak van het voertuig, tot 10 mrem/h op 2 m afstand ervan en tot 2 mrem/h in de bestuurdersruimte.

In de op het I.A.E.A.-reglement gebaseerde internationale overeenkomsten worden tevens minimum-afstand aangegeven (als functie van de transport-index), die tussen de colli en personen en niet ontwikkelde fotografische films moeten behouden blijven.

Administratieve voorschriften.

Door de bevoegde overheid (voor België is dit de Dienst Milieuhinder van het Ministerie van Volksgezondheid en van het Gezin) moet een certificaat afgeleverd worden voor :

- de goedkeuring van radioactieve stoffen in speciale toestand ;
- de goedkeuring van colli van type B(U) en B(M) ;
- de goedkeuring van sommige colli die tot een splijfstofklasse behoren ;
- de goedkeuring van een transport onder bijzondere overeenkomst, met vaststelling van bijkomende voorwaarden om het vervoer even veilig te laten verlopen als indien alle voorschriften van de reglementering worden nageleefd ;
- de goedkeuring van transporten van colli die tot de splijfstofklasse III behoren.

In de aanvragen tot goedkeuring moet het bewijs geleverd worden dat aan de voorschriften van de reglementering is voldaan.

Elk certificaat draagt een identiteitsmerk van het type B/volnummer/code.

De code is als volgt vastgesteld :

- A collo van type A (indien het behoort tot een splijststofklasse)
- B(U) collo van type B(U)
- B(M) collo van type B(M)
- F collo behorend tot een splijststofklasse
- S radioactieve stof in speciale toestand
- T transport
- X bijzondere overeenkomst.

Daarenboven wordt in de goedkeuringscertifikaten

- een beknopte beschrijving van de verpakking gegeven alsook
- een omschrijving van de toegelaten inhoud (isotopen, hun chemische en fysische vorm, hun activiteit, het warmtevermogen) ;
- voor colli behorend tot de splijststofklassen II en III : het toelaatbaar aantal ;
- de gebruiksaanwijzing en het onderhoudsschema ;
- de handelingen die voor elk vervoer moeten uitgevoerd worden ;
- eventuele bijkomende beperkingen en voorwaarden.

De Belgische wetgeving (11)

Vergunningsstelsel.

Onverminderd de hiervoor beschreven internationale reglementering moet elk vervoer van radioactieve stoffen op het Belgisch grondgebied, welk vervoermiddel er ook gebruikt wordt, gedekt zijn door een vergunning die afgeleverd werd door de Minister van Volksgezondheid (in de praktijk is dit de Dienst Milieuhinder van het Bestuur Volksgezondheid). Er mogen evenwel geen radioactieve stoffen met de post verstuurd worden.

Deze verplichting geldt niet voor :

- a) het vervoer van zeer kleine hoeveelheden radioactieve stoffen :
 - minder dan 0,1 μCi voor stoffen met zeer hoge radiotoxiciteit (bvb. Ra-226),
 - minder dan 1 μCi voor stoffen met hoge radiotoxiciteit (bvb. Co-60),
 - minder dan 10 μCi voor stoffen met matige radiotoxiciteit (bvb. C-14),
 - minder dan 100 μCi voor stoffen met lage radiotoxiciteit (bvb. H-3);

- b) het vervoer van elektronische buizen en toestellen, instrumenten en uurwerken, waarvan radioactieve stoffen deel uitmaken in een vorm waardoor ze niet kunnen verspreid worden, op voorwaarde dat ze ingesloten zijn in voldoende sterke verpakkingen en dat de stralingsintensiteit op het buitenoppervlak niet hoger is dan 10 mR/24 uur.

Er kunnen drie soorten vergunningen afgeleverd worden : algemene, bijzondere en speciale.

Een algemene vergunning is vereist voor het regelmatig (frequent) vervoer van kleine hoeveelheden radioactieve stoffen ; de activiteit per transport is beperkt door de volgende formule :

$$20(100 A_{ni} + 10 B_{ni} + C_{ni} + D_{ni}) + 10 (A_i + B_i) + C_i + D_i \ll 2000 Ci$$

waarbij A, B, C en D staan voor de activiteiten van de radioisotopen met zeer hoge, hoge, matige en lage radiotoxiciteit, terwijl de indices i en ni verwijzen naar het al dan niet ingekapseld zijn van de bronnen.

Een bijzondere vergunning wordt afgeleverd voor het occasioneel vervoer van kleine hoeveelheden radioactieve stoffen; de activiteit is beperkt door dezelfde, hierboven aangegeven formule.

Een speciale vergunning is vereist voor het vervoer van :

- grote hoeveelheden radioactieve stoffen, d.w.z. als de gewogen activiteit groter is dan 2000 Ci :

$$20 (100 A_{ni} + 10 B_{ni} + C_{ni} + D_{ni}) + 10 (A_i + B_i) + C_i + D_i > 2000 Ci ;$$

- colli waarvan de stralingsintensiteit aan het oppervlak groter is dan 200 mR/h of groter dan 10 mR/h op 1 m ervan ;
- colli waarvan de beschermingsmiddelen de verspreiding van radioactieve stoffen buiten de verpakking onvoldoende waarborgen ;
- splijtstoffen, indien de massa groter is dan de minimale kritische massa ;
- pyroforische of explosieve radioactieve stoffen ;
- radioactieve stoffen, die door ongecontroleerde verhoging van de temperatuur, de hoedanigheden van de verpakking kunnen wijzigen of het smelten of de vernieling van de beschermingsmiddelen kunnen veroorzaken.

Vergunningsprocedure.

De aanvragen tot het bekomen van een algemene of speciale vergunning moeten tenminste een maand vóór de voorziene transportdatum ingediend worden; voor de bijzondere vergunningen is deze termijn acht dagen.

Elke aanvraag dient inlichtingen te omvatten met betrekking tot :

- de vervoerder
- de vervoerde stoffen en hun verpakking
- het vervoermiddel
- de frekwentie van de transporten
- de genomen voorzorgsmaatregelen (voorkomen van verlies of diefstal, fysische controle, verzekeringen, richtlijnen bij ongeval).

Voor meer bijzonderheden raadplege men het algemeen reglement op de bescherming van de bevolking en van de werknemers tegen het gevaar van de ioniserende stralingen, inzonderheid artikel 58.2.

Eventueel kunnen bijkomende inlichtingen geëist worden of kan een onderzoek van deskundigen voorgeschreven worden. Indien het vervoer uit het buitenland komt, moet de aanvrager een attest indienen van de bevoegde overheid van het land van verzending, dat de juistheid van de medegedeelde inlichtingen bevestigt.

De vergunningsakte kan bijzondere voorwaarden opleggen, zoals begeleiding, voorafgaande notifikatie of verplichte reisroute.

Een algemene vergunning kan verleend worden voor een termijn van ten hoogste vijf jaar; zij is hernieuwbaar op aanvraag van de vervoerder.

De vergunningen kunnen geweigerd worden of op elk ogenblik ingetrokken worden.

Iedere afzender is er toe gehouden de aard van de vervoerde radioactieve stoffen aan de vervoerder bekend te maken.

De houder van een algemene vergunning moet maandelijks aan de Dienst Milieuhinder opgave doen van de vervoerde stoffen op voorafgedrukte formulieren.

Bijzondere voorschriften.

Bij ongeval moeten onmiddellijk de nodige beschermingsmaatregelen getroffen worden en moeten de hulpdiensten en de bevoegde overheid onverwijld verwittigd worden.

Voor het vervoer van splijtstoffen moeten tevens de voorschriften inzake fysische bescherming (nucleaire veiligheid) nageleefd worden.

Fysische controle.

De dienst voor fysische controle van de afzender moet de verpakking van de radioactieve stoffen controleren (goede staat, stralingsniveau, etikettering).

De dienst voor fysische controle van de vervoerder moet de stapeling en het vastmaken van de colli in het voertuig controleren, waken over de etikettering van het voertuig en het stralingsniveau in de bestuurdersruimte verifiëren.

Referenties.

1. International Atomic Energy Agency, "Regulations for the safe Transport of radioactive materials", Safety Series no 6, IAEA, Wenen 1961.
2. International Atomic Energy Agency, "Regulations for the safe Transport of radioactive materials, 1964 revised edition", Safety Series no 6, IAEA, Wenen, 1964.
3. International Atomic Energy Agency, "Regulations for the safe Transport of radioactive materials, 1967 Edition", Safety Series no 6, IAEA, Wenen, 1967.
4. International Atomic Energy Agency, "Regulations for the safe Transport of radioactive materials, 1973 revised edition", Safety Series no 6, IAEA, Wenen, 1973.
5. International Atomic Energy Agency, "Regulations for the safe Transport of radioactive materials, 1973 revised edition, as amended", Safety Series no 6, IAEA, Wenen, 1979.

6. Europees Verdrag betreffende het internationaal vervoer van gevaarlijke goederen over de weg (A.D.R.) en van de bijlagen, ondertekend te Genève op 30 september 1957 en goedgekeurd bij de wet van 10 augustus 1960, Belgisch Staatsblad van 7 oktober 1960.
7. Internationaal reglement betreffende het vervoer van gevaarlijke goederen per spoor (R.I.D.), dat bijlage I vormt tot de Internationale Overeenkomst betreffende het goederenverkeer per spoor (C.I.M.), opgemaakt te Bern op 7 februari 1970 en goedgekeurd bij de wet van 24 januari 1973, Belgisch Staatsblad van 9 mei 1973.
8. Code Maritime International des marchandises dangereuses. Supplément 1974-1975, OMCI, Londen.
9. Reglement voor het vervoer van gevaarlijke goederen over de Rijn (A.D.N.R.), goedgekeurd bij koninklijk besluit van 2 december 1971, Belgisch Staatsblad van 23 december 1971.
10. IATA restricted articles regulations, 22nd edition, 1979.
11. Koninklijk besluit van 28 februari 1963 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking en van de werknemers tegen het gevaar van de ioniserende stralingen, hoofdstuk VII, Belgisch Staatsblad van 16 mei 1963.

RESUME.

Cet article donne un aperçu de la réglementation relative au transport de substances radioactives. Après l'aperçu des prescriptions techniques de l'A.I.E.A., les prescriptions administratives belges sont exposées.

ABSTRACT.

This article reviews the regulations concerning the transportation of radioactive material. The technical I.A.E.A. requirements as well as the Belgian administrative provisions are reviewed.

ZUSAMMENFASSUNG.

In diesem Artikel wird eine Übersicht über die Transportvorschriften für radioaktive Stoffe gegeben. Nach einer Darlegung der vorwiegend technischen Vorschriften der IAE0, werden die belgischen administrativen Vorschriften besprochen.

Annales de l'Association Belge de Radioprotection, Vol. 5, n° 2 (1980).

TRAFIC GENERAL ET TRANSPORT DE MATIERES RADIOACTIVES

Lafontaine I.

TRANSNUBEL S.A.
Europalaan 20
B - 2480 Dessel (Belgique)

25 avril 1980

RESUME : TRAFIC GENERAL ET TRANSPORT DE MATIERES RADIOACTIVES

L'étude a pour objet de situer le transport des matières radioactives par rapport au trafic général des marchandises par route, rail et air. Le nombre de colis qui ont été transportés en Belgique au cours de l'année 1977, a été de 78.252, ayant une activité totale de 60 millions de curies (ou 2220.10^6 GBq). L'intensité du transport des matières radioactives a été de l'ordre de 350.000 véhicules routiers et de 26.000 tonnes-km par chemin de fer et par air. Toutefois, il apparaît que ces transports ne représentent qu'une part minime (de l'ordre de 5.10^{-5}) du trafic général.

INTRODUCTION

Depuis de nombreuses années, des organismes d'état ou privés se sont assignés comme mission d'établir des statistiques concernant les divers modes de transport. Un des objets principaux de l'établissement de données statistiques consiste à évaluer la part prise par ces modes de transport dans l'économie globale d'un pays. Il est évident que l'exploitation de certains résultats peut être reliée directement à des cas particuliers comme celui de l'organisation des exodes vacanciers. Effectivement, l'étude de l'évolution du trafic routier montre que si ce mode de transport paraît encore loin de la saturation théorique, du moins dans certains cas, il approche de la saturation réelle provoquant l'encombrement des villes, des réseaux routiers et autoroutiers à certaines heures et à certaines périodes de l'année.

Il a paru intéressant d'essayer de situer le transport de matières radioactives par rapport au trafic général. Plusieurs obstacles n'ont pas permis de réaliser cette étude sur un plan européen. L'obstacle majeur réside en le fait que des données statistiques ne peuvent être établies dans ce domaine que si les transporteurs ont l'obligation d'établir des déclarations régulières pour toutes les matières radio-

actives transportées. Or cette obligation n'existe pas dans tous les pays de Communautés Européennes. De plus et pour certains de ces pays, les Autorités ont fixé des limites d'activités pour les divers isotopes et emballages en-dessous desquelles aucune autorisation de transport n'est requise. Par exemple, le transport de petits colis contenant des produits légèrement radioactifs à usage médical s'effectue en exemption d'autorisation notamment en France, Grande Bretagne, aux Pays-Bas, en R.F.A.

En conséquence, la première partie de cette étude s'attache à définir l'ampleur des divers modes de transport en Belgique et pour les pays voisins de cette dernière. La deuxième partie est consacrée à traiter du transport de matières radioactives en Belgique.

1. LE TRAFIC GENERAL

Les statistiques les plus récentes, qui peuvent être actuellement compulsées, sont relatives aux exercices 1975-1976. Elles couvrent partiellement les modes de transport par route, rail, voies navigables et voies aériennes.

Elles montrent une prédominance de la route sur le chemin de fer et ces deux secteurs sont nettement plus importants que les transports effectués par voies navigables et voies aériennes.

1.1. Trafic routier

La crise économique déclenchée en 1973 est restée pratiquement sans effets sur l'évolution du parc des voitures particulières. Celui des véhicules utilitaires a également résisté à cette crise. Toutefois, le kilométrage annuel moyen, parcouru par les camions n'augmente plus depuis cette époque. Cette situation résulte essentiellement des restrictions légales imposées à la circulation de ces véhicules ainsi qu'au fléchissement des échanges commerciaux. Le calcul de l'accroissement annuel moyen du parc des voitures particulières dans la CCE donne une valeur de 5,25% entre 1975 et 1990, tandis que le même calcul appliqué aux véhi-

cules utilitaires, ne donne que la valeur de 3,35%. Ces résultats montrent bien que les véhicules à usage privé représenteront le facteur le plus important de la saturation du réseau routier.

Le tableau I donne l'évolution du parc de véhicules (camions-automobiles et autobus) entre 1962 et 1976.

L'intensité d'un trafic peut être évaluée sur la base de la notion "véhicules-kilomètres". Celle-ci exprime à la fois le nombre de véhicules en circulation et le kilométrage moyen que ceux-ci effectuent. Cette unité vaut 1 chaque fois qu'un véhicule parcourt 1 km.

Le tableau II donne la densité du trafic routier pendant l'année 1973 pour les voitures-autobus/autocars d'une part et les camions d'autre part pour la Belgique et quatre de ses voisins directs.

Les extrapolations effectuées pour la fin de cette décennie montrent que le trafic routier global sera presque doublé (1474 milliards de véh-km) par rapport à celui de 1973. Ce résultat comprend un accroissement de l'ordre de 100% pour les automobiles (1319 milliards de véh-km) et d'environ 40% pour les utilitaires (155 milliards de véh-km). Il en résultera aussi que la participation des utilitaires dans le trafic général se réduira relativement de 14% à 10,5%.

Ces extrapolations ne tiennent évidemment pas compte de contingences économiques ou politiques particulières qui pourraient survenir à la fin de cette décennie. En effet, il pourrait être objecté que les disponibilités en pétrole seront fortement réduites à cette époque et contribueront à modifier les profils de transport.

EVOLUTION DU PARC DES VEHICULES ROUTIERS ENTRE 1962 ET 1976

Nombre de milliers de véhicules par pays	Automobiles - Autocars - Autobus					Camions					Total				
	1962	1966	1970	1975	1976	1962	1966	1970	1975	1976	1962	1966	1970	1975	1976
Allemagne	6164	10341	13988	17955	18982	783	1019	1141	1281	1292	6947	11360	15129	19236	20274
Belgique	915 [*]	1436 [*]	2075	2631	.	180	210	266	203	.	1095	1646	2341	2834	.
France	7048	10450	12967	15356	15900 [*]	1783	2252	2678	2078	2201	8831	12702	15645	17434	18101
Grande Bretagne	6647	9609	11678	14030	14142	1524	1682	1630	1677	1582	8171	11291	13308	15707	15724
Luxembourg	45	67	91	116	132	10	11	9	11	10	55	78	100	127	142
Pays-Bas	739	1512	2511	3511	3932	176	244	234	334	341	915	1754	2745	3845	4273

* non compris autocars et autobus

. pas de valeur disponible

TABLEAU I

Pays / Trafic en milliers véhicule-km	Voitures-Autocars Autobus	Camions	Total
Allemagne	241,9	28,0	269,9
Belgique	25,1	2,8	27,9
France	163,0	37,6	200,6
Grande Bretagne	192,3	40,0	232,3
Pays-Bas	52,4	3,4	55,8
Total	674,7	111,8	786,5

TABLEAU II

DENSITE DU TRAFIC ROUTIER POUR CINQ PAYS DE LA CEE AU COURS DE L'ANNEE 1973
(en milliards de véhicules-kilomètres)

1.2. Trafic par rail

Par simplification, il ne sera traité ci-après que du trafic "marchandises". L'intensité du trafic par rail s'exprime en "tonnes-kilomètres". Cette unité tient compte à la fois des matières transportées et des kilomètres parcourus. Elle vaut 1 chaque fois qu'une tonne est transportée par le moyen de transport sur une distance de 1 km.

Le tableau III donne l'évolution du trafic "marchandises" entre 1962 et 1976 pour la Belgique et cinq pays voisins de cette dernière.

Il apparaît que le trafic "marchandises" évolue peu et différemment dans les six pays précités. Il est en régression continue en Grande Bretagne et aux Pays-Bas; la situation est stable pour la Belgique et le Luxembourg; une progression apparaît en 1976 par rapport à 1962 pour l'Allemagne et la France.

L'étude du trafic par chemin de fer ne montre pas donc, pour les années futures, une tendance à la saturation.

1.3. Trafic par voies navigables intérieures

Le tableau IV montre l'évolution de ce trafic entre 1962 et 1976. Si ce mode de transport est en régression en Grande Bretagne, il est stable à partir de 1966 pour l'Allemagne, la Belgique, la France. La progression est nette pour les Pays-Bas et variable pour le Luxembourg.

1.4. Trafic aérien

Le tableau V donne l'évolution du trafic aérien (frêt et passagers) pour la Belgique et ses cinq voisins en cours des années 1971 à 1975. Il apparaît que l'évolution du trafic est positive. La même notion de tonnes-kilomètres est utilisée dans ce cas pour exprimer la densité du trafic.

Trafic par année Pays	1962	1966	1970	1973	1975	1976
Allemagne (DB)	56420	58222	71898	69704	57394	61987
Belgique (SNCB)	6521	6295	7876	8238	6804	6693
Luxembourg (CFL)	639	567	764	786	660	626
France (SNCF)	61179	64060	70406	73870	64039	68511
Grande Bretagne (BR)	26333	24241	24550	22960	20990	20448
Pays-Bas (NS)	3702	3272	3532	3463	2721	2697

TABLEAU III

EVOLUTION DU TRAFIC FERROVIAIRE "MARCHANDISES" ENTRE 1962 ET 1976

(en 10⁶ tonnes - kilomètres)

EVOLUTION DU TRAFIC PAR VOIES NAVIGABLES INTERIEURES ENTRE 1962 ET 1976
(en milliers de tonnes-km)

Pays	1962	1966	1970	1974	1975	1976
Allemagne (RFA)	39,9	44,8	48,8	51,0	47,6	45,8
Belgique	5,4	5,4	6,7	6,9	5,1	6,1
France	71,5	93,4	110,4	109,3	94,6	93,8
Grande Bretagne	9,4	7,8	6,5	3,9	4,2	4,6
Luxembourg	.	4,3	9,3	11,5	10,3	9,4
Pays-Bas	154,3	199,0	241,4	259,7	235,8	260,3

TABLEAU IV

EVOLUTION DU TRAFIC AERIEN ENTRE 1971 ET 1975 POUR SIX PAYS DE LA CEE
(en 10⁶ tonnes - kilomètres)

Pays	1971			1972			1973			1974			1975		
	F	P	T	F	P	T	F	P	T	F	P	T	F	P	T
Allemagne (RFA)	589	813	1402	716	981	1697	888	1064	1952	1019	1174	2193	1026	1276	2302
Belgique	220	273	493	241	291	532	253	369	617	300	391	691	300	396	686
France	567	1291	1858	706	1583	2289	851	1783	2634	958	1965	2923	1100	2110	3210
Grande Bretagne	668	2561	3229	877	3049	3926	1050	3297	4347	1058	3109	4167	1104	3384	4488
Luxembourg	0	10	10	1	10	11	0	12	12	0	13	13	0	13	13
Pays-Bas	487	726	1213	526	888	1414	593	1032	1625	697	1010	1707	686	1054	1740

F = frêt
P = passagers
T = total

TABLEAU V

2. LE TRANSPORT DE MATIERES RADIOACTIVES EN BELGIQUE

2.1. Obligations administratives

Rappelons brièvement que l'Arrêté Royal du 28 février 1963 définit notamment en son chapitre VII les dispositions qu'il y a lieu de suivre en vue de l'exécution de transports de substances radioactives. Elles s'appliquent à tous les transports de matières radioactives quel que soit le moyen de transport utilisé, y compris les véhicules personnels. De plus, ces transports ne peuvent être effectués que moyennant l'autorisation préalable du Ministère de la Santé Publique.

Les détenteurs d'autorisations de transport ont l'obligation d'adresser à l'Autorité Compétente, un relevé mensuel des transports effectués.

2.2. Relevé général de référence

Sur la base des relevés mensuels reçus par le Service des Nuisances au cours de l'année 1977, prise comme référence, il résulte que

- 78.252 colis de matières radioactives ont été officiellement transportés suivant les divers modes de transport (ferroviaire, aérien et routier). Toutefois, certains des colis, ayant été acheminés vers leurs destinataires par deux ou trois transporteurs différents, ont été comptabilisés deux ou trois fois;
- l'activité totale des expéditions a été de 60 millions de curies. Cette activité est due principalement aux transports de combustibles irradiés.

2.3. Répartition des expéditions par mode de transport

Le tableau VI donne la répartition du nombre de colis qui ont été acheminés par les trois modes principaux de transport.

Pour chaque mode de transport, l'activité totale du colis est reprise par type d'emballage, d'une part en types industriel et A groupés, et d'autre part en type B().

Le nombre de transports routiers ou le nombre de tonnes-km ont été calculés également par type d'emballage.

2.4. Importance du transport de matières radioactives par rapport au trafic général

L'évaluation du trafic des matières radioactives par rapport à celui de toutes les marchandises pour les 3 modes de transport précités, est exposée au tableau VII. Celui-ci met en évidence que le transport des matières radioactives, calculé en véhicules-km ou en tonnes-km, prend une part minime du trafic général et de ce fait, ne représente pas un élément perturbateur de ce dernier, tout en faisant partie d'une activité soit médicale, soit de recherche ou industrielle importante de notre pays.

TRANSPORTS DE MATIERES RADIOACTIVES

Année 1977

Type de transport	ferroviaire		aérien		routier		Totaux	
Type de colis	A+I	B ()	A+I	B ()	A+I	B ()	A+I	B ()
Nombre de colis	9526	158	3197	190	50495	14686	63218	15034
Activité (Ci)	1643	7294	390	54761	3788	60x10 ⁶	5821	60x10 ⁶
Nombre de transports routiers					7932	1448		
Nombre de tonnes-km	14300	1900	6000	3525				
Nombre de véhicules-km					34x10 ⁴	1x10 ⁴		

TABLEAU VI

EVALUATION DE L'IMPORTANCE DU TRANSPORT DE MATIERES RADIOACTIVES

PAR RAPPORT AU TRAFIC GENERAL

Trafic	ferroviaire (Tonnes-km)	aérien (Tonnes-km)	routier (véhicules-km)
Matières radioactives	$16,2 \times 10^3$	$9,5 \times 10^3$	35×10^4
Trafic			
- marchandises (1976)	$6,7 \times 10^9$		
- fret (1975) (1975)		3×10^8	
- routier "fret" (1973)			$2,8 \times 10^9$
- "général" (1973)			$27,9 \times 10^9$
Rapport trafic matières radioactives			
÷	$2,4 \times 10^{-6}$	$3,2 \times 10^{-5}$	$1,2 \times 10^{-4}$ (fret)
÷			$1,2 \times 10^{-5}$ (général)
Trafic général			

TABLEAU VII

REFERENCES :

- (1) Statistiques mondiales de transport et Statistiques routières mondiales, Fédération Routière Internationale, Genève (1969-1973).
- (2) Bulletins annuels de statistiques de transport pour l'Europe, Nations Unies (1971-1972-1973).
- (3) Statistiques de Base de la Communauté - Comparaison avec d'autres pays, Office Statistique de la Communauté, Luxembourg (1974-1975).
- (4) Trafic des entreprises de transport aérien - Organisation de l'aviation civile internationale, Recueil de Statistiques, Montreal, Quebec.
- (5) Evolution des principales données statistiques ferroviaires, années 1958 à 1975, Union Internationale des Chemins de Fer, Bureau de statistique de l'UIC, Paris.
- (6) Recensement de la circulation sur les routes nationales et autoroutes, Ministère de l'Equipement, Direction des Routes et de la Circulation Routière SETRA, Cartographie de l'Institut Géographique National, Paris (1974).
- (7) JACOBS, E., Wegverkeer - Aspecten van de Vlaamse Economie - Deel II, Vlaams Economisch Verbond (1977).

VERKEER IN HET ALGEMEEN EN VERVOER VAN RADIOACTIEVE STOFFEN

Het onderwerp van deze studie handelt over het vervoer van radioactieve stoffen met betrekking tot het verkeer in het algemeen van goederen op de weg, het spoor en in de lucht. Het aantal colli's die in België vervoerd werden gedurende het jaar 1977 bedroeg 78.252, met een totale activiteit van 60 miljoen curies (of $2220 \cdot 10^6$ G.Bq). De vervoerintensiteit van radioactieve stoffen was 350.000 voertuigen op de weg en 26.000 ton-km met het spoor en in de lucht. Toch blijkt het dat de transporten slechts een klein gedeelte ($5 \cdot 10^{-5}$) van het verkeer in het algemeen vertegenwoordigen.

TRAFFIC IN GENERAL AND TRANSPORT OF RADIOACTIVE MATERIALS

The subject of this study is to situate the transport of radioactive materials with regard to the traffic in general of goods by road, railways and air. The number of packages which have been transported in Belgium during 1977 was 78.252, having a total activity of 60 millions of curies (or $2220 \cdot 10^6$ G.Bq). The intensity of radioactive materials' transports was of about 350.000 road vehicles and of 26.000 tons-km by railways and by air. However, it seems that the transports are representing only a minor part ($5 \cdot 10^{-5}$) of the traffic in general.

VERKEHR IM ALLGEMEINEN UND BEFÖRDERUNG VON RADIOAKTIVEN STOFFEN

Das Thema dieser Studie handelt über Beförderungen von radioaktiven Stoffen mit Beziehung zum Strasse-Flug-Eisenbahn-Güterverkehr im allgemeinen. Eine Zahl von 78.252 Kollis ist befördert worden in Belgien während 1977, mit einer gesamtlichen Aktivität von 60 Millionen Curies (oder $2220 \cdot 10^6$ G.Bq). Die Intensität der Beförderungen von radioaktiven Stoffen war 350.000 Fahrzeugen auf die Strasse und 26.000 Tonne-km auf die Eisenbahn und Luft. Trotzdem zeigt es sich dass die Beförderungen nur teilweise ($5 \cdot 10^{-5}$) des Verkehrs im allgemeinen darstellen.

Annales de l'Association Belge de Radioprotection, Vol. 5, n° 2 (1980).

TRANSPORT DE MATIERES RADIOACTIVES EN EMBALLAGES DU TYPE B(U)

Lafontaine I.

TRANSNUBEL S.A.
Europalaan 20
B - 2480 Dessel (Belgique)

25 avril 1980

RESUME : TRANSPORT DE MATIERES RADIOACTIVES EN EMBALLAGES DU TYPE B(U)

Les épreuves réglementaires prescrites par l'Agence Internationale de l'Energie Atomique, ainsi que les essais spéciaux effectués sur des emballages du type B(U), ont permis de démontrer l'extrême robustesse de ces derniers même dans les conditions accidentelles les plus sévères. Leur conception permet le transport de matières et de matériaux de diverses natures, tel que celui des combustibles irradiés en provenance des centrales nucléaires de puissance. Dans ce cas, les emballages sont expédiés par route ou par chemin de fer en fonction de leur poids.

1. RAPPEL DE QUELQUES PRESCRIPTIONS REGLEMENTAIRES CONCERNANT LES EMBALLAGES

Les emballages destinés au transport de matières radioactives sont répartis en 3 classes, respectivement

- les emballages solides et industriels,
- les emballages du type A,
- les emballages du type B(U) et B(M).

Les limites d'activités autorisées dans chacune de ces classes sont données brièvement aux tableaux 1 et 2.

2. QUELQUES SPECIFICATIONS GENERALES DES EMBALLAGES DU TYPE B(U)

Ces emballages sont conçus de manière

- 1°) à empêcher une perte du contenu radioactif supérieure à $10^{-6} \times A_2$ par heure dans les conditions normales de transport et une perte cumulée de $10^{-3} \times A_2$ en une période d'une semaine, dans les conditions accidentelles de transport;

- 2°) à ce que la chaleur produite par le contenu radioactif n'affecte pas le confinement et le blindage desdits emballages même après une période d'une semaine;
- 3°) à limiter la température des surfaces accessibles à 50°C et à l'ombre et pour une température ambiante de 38°C, à moins que le colis soit transporté en chargement complet (en cours de transport, dans des conditions normales, la température maximale ne pourra pas dépasser 82°C à l'ombre);
- 4°) à limiter la pression d'utilisation normale maximale à 7 kg/cm². Aucun système de relâchement de pression ne peut équiper le système de confinement;
- 5°) à limiter le débit de dose à 1 Rem/h à 1 mètre de la surface des emballages dans des conditions accidentelles de transport si, avant les essais réglementaires, les emballages contenaient un contenu radioactif émettant un niveau de dose de 10 mrem/h à 1 mètre par référence à l'Ir 192;
- 6°) à satisfaire aux conditions extrêmes des épreuves fixées par le règlement en vue de leur agrément par les Autorités Compétentes.

En ce qui concerne le transport des matières fissiles, les emballages sont conçus ou limités en nombre de manière à ce que le risque de criticité soit exclu.

DESCRIPTION D'UN EMBALLAGE MODELE EN TYPE B(U)

Cet emballage modèle est représenté à la figure 1.

Celui-ci est constitué

- 1°) d'une coque en acier fermé par un couvercle muni d'un joint d'étanchéité (haute température). Elle est munie de poignées de levage compte tenu que le poids est supérieur à 50 kg;

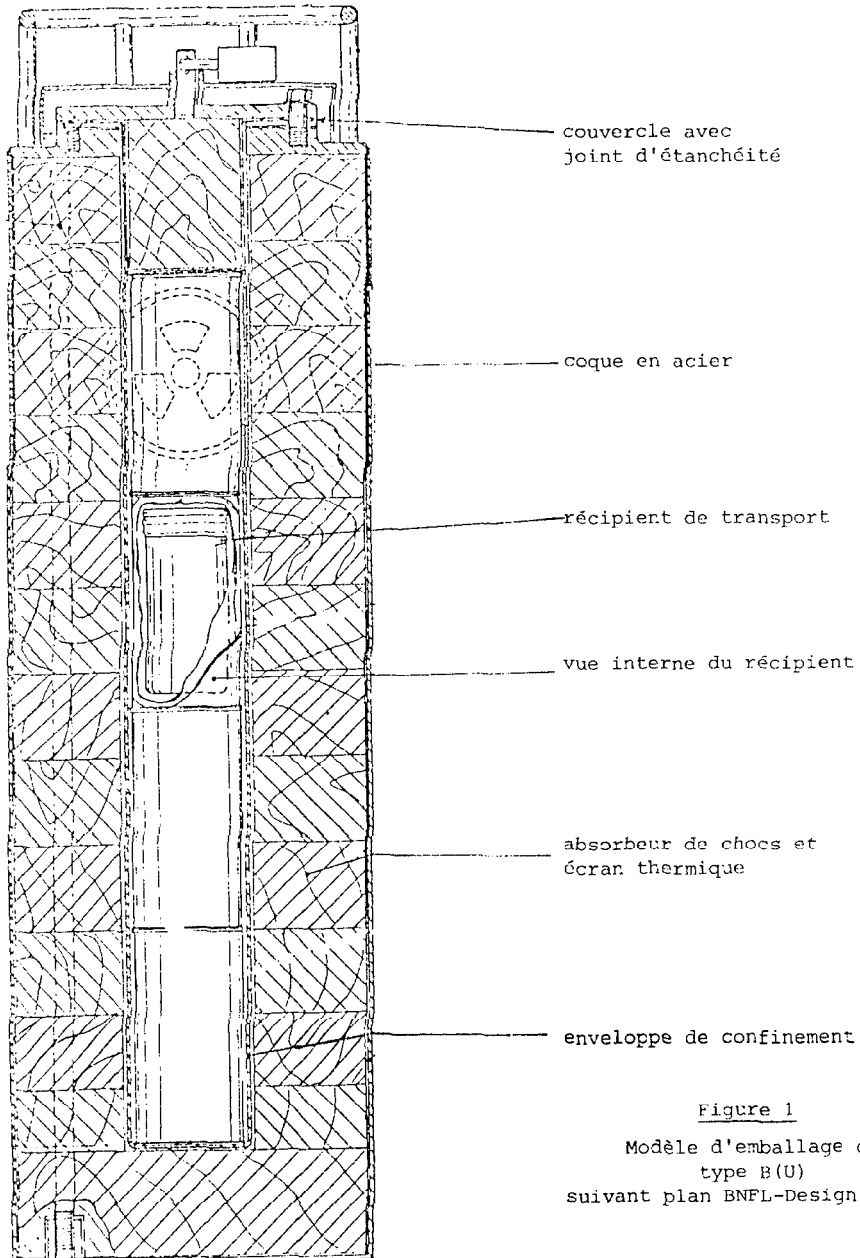


Figure 1

Modèle d'emballage du
type B(U)
suivant plan BNFL-Design 0675

- 2°) d'un dispositif d'amortissement de chocs mécaniques qui forme en même temps l'écran d'isolation thermique contre un feu de haute température;
- 3°) d'une enveloppe de confinement en acier;
- 4°) d'une cavité permettant de recevoir un ou plusieurs récipients conditionnés en tant que sources scellées.

Suivant la nature des matières radioactives à transporter, il y a lieu d'adapter la nature et l'épaisseur des écrans. Par exemple, pour le transport des matières radioactives hautement gamma-actives et générant une quantité de chaleur importante, l'emballage sera équipé d'un écran constitué d'un matériel de haute densité (plomb, uranium), ainsi qu'éventuellement d'ailettes de refroidissement.

Le modèle NTL 8, destiné au transport de combustibles irradiés provenant des centrales de puissance à eau légère (par exemple les combustibles déchargés à la Centrale de Tihange I), peut être pris en référence. Ce modèle est constitué

- d'une virole externe en acier au carbone de 20 mm d'épaisseur garnie d'ailettes de refroidissement en cuivre, au nombre de 22.300;
- d'une couronne constituée d'un mixte polyéthylène-résine au bore et ayant une épaisseur minimale de 150 mm;
- d'un écran thermique de ciment de 10 mm d'épaisseur;
- d'une protection biologique de 175 mm de Pb;
- de 3 alvéoles dont les parois ont une épaisseur de 6 mm d'acier et qui sont recouvertes également de plaques frittées en B_4Cu ;

- de 2 capots absorbeurs de chocs;
- de tourillons de levage, vannes de rinçage.

En cours de transport, les 3 cavités sont sèches et en dépression. La dissipation thermique s'effectue par convection naturelle. Les matériaux principaux d'atténuation neutronique sont constitués par le carbure de bore, le polyéthylène et la résine de bore.

La figure 2 montre un autre modèle d'emballage en type B(U) pour le transport de matières fissiles.

4. EPREUVES REGLEMENTAIRES POUR LES EMBALLAGES DU TYPE B(U)

Les épreuves doivent être pratiquées sur des échantillons ou des prototypes de l'emballage du modèle considéré. Le tableau 3 reprend la description des épreuves principales auxquelles doivent satisfaire les emballages de type B(U) pour le transport en conditions normales et en conditions accidentelles.

5. EXPERIMENTATION SPECIALE

Des programmes de recherches ont été poursuivis dans divers pays afin d'examiner le comportement d'emballages pour le transport notamment de combustibles irradiés ou de matières fissiles dans des conditions accidentelles particulières.

Dans tous les cas, les essais ne sont nullement exécutés pour prouver ou désapprouver la validité des essais réglementaires actuels mais bien de démontrer la validité des programmes analytiques permettant de prédire le comportement d'un type d'emballage dans des conditions extrêmes.

Il y a lieu de citer l'étude réalisée par les laboratoires de la Scandia (Etats Unis) et financée par l'U.S. Energy Research and Development Administration (ERDA). Elle a pour objet



Figure 2

d'examiner le comportement de plusieurs emballages pour le transport de combustibles irradiés dans les trois conditions accidentelles suivantes :

- 1°) collision entre une locomotive de 120 tonnes, roulant à une vitesse de 129 km/h, et un camion semi-remorque transportant un emballage de 32 tonnes;
- 2°) collision d'un camion semi-remorque portant un emballage de 20,5 tonnes contre un obstacle indéformable en béton pesant 660 tonnes. Un premier essai a eu lieu à une vitesse de 97 km/h, le deuxième à celle de 129 km/h;
- 3°) collision d'un wagon spécial de 70 tonnes transportant un emballage de 75 tonnes avec un obstacle indéformable.

D'autres essais ont été réalisés par des firmes privées européennes consistant en la chute d'emballages de matières fissiles sur une cible indéformable d'une hauteur de 20 mètres et plus.

Lors de toutes les expériences précitées, il a été montré l'excellent comportement des emballages du type B(U) à des efforts mécaniques extrêmement sévères.

6. EXEMPLES DE TRANSPORT EN EMBALLAGES DU TYPE B() DE GRANDE CAPACITE SUR LE TERRITOIRE DU BENELUX

6.1. Référence

Les expéditions de combustibles irradiés s'effectuent impérativement en emballages du type B(U) ou B(M) de grandes dimensions. Elles nécessitent la mise en oeuvre d'emballages très spéciaux et de véhicules appropriés. Il faut souligner qu'un effort considérable a été mené par les transporteurs afin de disposer d'emballages de toutes capacités permettant l'évacuation des combustibles irradiés vers les quelques usines de retraitement actuellement en fonctionnement. Le tableau 4 donne une liste non exhaustive de ces emballages.

6.2. Situation nucléaire

6.2.1. Cinq centrales nucléaires plus la centrale expérimentale BR3 à Mol (10 MWe) sont actuellement en fonctionnement sur le territoire du Bénélux. Leurs capacités électriques nominales installées et en service en 1980, sont données au tableau 5.

Le fonctionnement de ces centrales donne lieu à un déchargement annuel de 66 tonnes (U) en combustibles irradiés (voir tableau 5).

Ceux-ci sont placés en piscine de désactivation en vue de leur refroidissement et, après une période de temps adéquate, ils sont transportés en vue de leur retraitement vers les usines de

Cap de La Hague et de Windscale.

Ces transports peuvent être effectués avec des emballages TN 1, NTL 3 et NTL 8 (voir tableau 4), avec une capacité, respectivement, de l'ordre de

- 0,4 T U (6 assemblages Dodewaard),
- 1,8 T U (7 assemblages Doel I/II),
- 1,4 T U (3 assemblages Borssele ou Tihange I).

6.2.2. En fonction de la spécificité des emballages précités et de la quantité annuelle de combustibles irradiés déchargés, le nombre théorique de transports annuels de ces combustibles peut être déterminé. Cette évaluation est reprise au tableau 5.

6.3. Modes de transport

La méthode de transport sera principalement choisie en fonction du poids de l'emballage. Grosso-modo, les emballages dont le poids est inférieur à 40 tonnes sont transportés par route, tandis que les emballages d'un poids supérieur à 40 tonnes sont expédiés sur wagons spéciaux. En prenant comme exemple les transports effectués à partir des centrales de Borssele ou de Tihange, avec l'emballage NTL 8 (36 tonnes), l'ensemble routier (emballage + semi remorque) constitue un poids au sol de l'ordre de 52 tonnes. Il s'agit d'un transport exceptionnel dont la vitesse est limitée à 60 km/h.

Le transport routier pour des charges plus élevées peut s'imposer lorsqu'aucun raccordement à la voie ferrée n'existe sur le site de la centrale de puissance ou à l'usine de retraitement. Cette situation est propre aux sites nucléaires belges, ainsi que pour l'usine de retraitement de La Hague. Dans ces cas, compte tenu de la distance qu'il faudrait parcourir avec un emballage relativement lourd jusqu'à l'usine de La Hague, il est préférable d'effectuer l'expédition avec deux ruptures de charge.

TABLEAU 1

CLASSE	EMBALLAGES SOLIDES ET INDUSTRIELS			
Type de matières	Articles manufacturés à partir d'uranium naturel ou appauvri ou thorium naturel	Instruments et articles manufacturés contenant une matière radioactive (max. 15 g U 235)	Petites quantités de matières radioactives	Matières de faible activité spécifique LSA et LLS
Référence AIEA Fiche n°	2	4	3	5 - 6 - 7
Nature de l'emballage	Enveloppe inactive	Emballage de sécurité	Emballage de sécurité	Emballages industriels très solides conformes aux tests UN
Limitation pour matières :	Débit de dose à la surface des emballages : $\leq 0,5$ mrem/h			
a) solides		A1 ou A2	10^{-3} A1 ou 10^{-3} A2	pas de limitation
b) liquides			eau tritiée : $< 0,1$ Ci/l. = 1000 Ci entre $0,1$ Ci/l. et $1,0$ Ci/l. = 100 Ci $> 1,0$ Ci/l. = 1 Ci autres liquides : 10^{-4} A2	eau tritiée : 50.000 Ci autres liquides : 100 x A2
c) gaz		Tritium : 200 Ci Autres : 10^{-2} A1 ou 10^{-2} A2	Tritium : 20 Ci Autres gaz : 10^{-3} A1 ou 10^{-3} A2	100 x A2

TABEAU 2

CLASSE	EMBALLAGES TYPE A	EMBALLAGES TYPE B ()	
Limite en activité des matières radioactives	A2 ou A1 (forme spéciale)	Pas de limite sauf celle prescrite dans le certificat d'approbation	
Référence AIEA Fiche n°	8	9	10
Nature de l'emballage	A	B(U)	B(M)
		aucun système de relâchement de pression, ni dispositif mécanique de refroidissement	dispositif de décompression et de refroidissement mécanique admissibles
Approbation Autorité Compétente			
a) transport de matières non fissiles	-	unilatérale	multilatérale
b) transport de matières fissiles	unilatérale ou multilatérale suivant la conception de l'emballage (voir aussi fiche 11 - AIEA)		

Remarque : les valeurs de A2 et A1 sont données aux références (1), (2), (3).

Type d'épreuve	DIRECTIVES
Epreuves mécaniques	<p>- Chute libre de 9 mètres sur cible constituée d'un bloc de béton d'environ 2,45 x 2,75 x 2,45 m (poids d'environ 30 T), recouvert d'une plaque d'acier doux de 2,45 x 2,75 x 2,5 cm (épaisseur) fixée par 14 boulons à crans.</p> <p>- Chute du colis d'une hauteur d'un mètre sur une cible constituée d'une barre pleine en acier d'un diamètre de 15 cm et placée verticalement d'une manière rigide.</p>
Epreuve de compression	<p>Le colis doit être soumis pendant au moins 24 heures à une force de compression égale à</p> <ul style="list-style-type: none"> - soit 5 fois son poids, - soit au produit de 1300 kg par mètre carré, par l'aire de projection verticale du colis (exprimée en m²).
Pénétration	<p>Chute d'une barre en acier à bout rond de 3,2 cm de diamètre et d'un poids de 6 kg, placée à <u>1 mètre</u> de l'emballage reposant sur le sol.</p>
Chute avec pénétration	<p>Chute de l'emballage placé à 1 mètre au-dessus d'une billette cylindrique pleine en acier doux, de 15,3 cm de diamètre et de 20,3 cm de hauteur, montée sur socle rectangulaire et fixée sur la plaque d'acier. L'arrondi de l'arrête de la face supérieure de la billette doit avoir 6 cm de rayon.</p>
Epreuve thermique	<p>Exposition à un feu à air. La partie inférieure doit être située à 1 mètre au-dessus du niveau initial du combustible. Celui-ci doit être un hydrocarbure ayant un point d'inflammation de 46°C au minimum et un pouvoir calorifique de 11.100 à 11.700 kg cal/kg. L'exposition doit être de <u>30 minutes</u>, à une flamme lumineuse d'une épaisseur de 0,7 à 3 mètres. Voir aussi <u>Epreuve du four</u> à 800°C pendant 30 minutes.</p>
Epreuve d'aspersion	<p>Pendant au moins 1 heure, le débit d'eau équivalent celui d'une précipitation de 5 cm/h.</p>
Epreuve d'immersion	<p>A 15 mètres de profondeur, pendant 8 heures. De plus, une épreuve complémentaire est prévue pour les colis conçus pour le transport des matières fissiles. Après les épreuves mécaniques et thermiques citées plus haut, le colis est immergé de manière à ce que le ou les joints se trouvent sous une hauteur d'eau d'au moins 0,9 mètre pendant au moins 8 heures.</p>
Epreuve d'étanchéité aux rayonnements	<p>L'emballage contient une source appropriée. La surface est examinée à l'aide d'un film radiographique ou d'un instrument de mesure.</p>

TABLEAU 3

DESCRIPTION DE QUELQUES EPREUVES REGLEMENTAIRES POUR LES EMBALLAGES DE MATIERES RADIOACTIVES DU TYPE B()

Modèle	Poids (tonnes) *	Longueur HT (m)	Ø (m)	Cavité (m)		Puissance admissi- ble (KW)	Nombre d'assembl PWR BWR		Fluide col- porteur	Protection	
				Lon- gueur	Section						
TN 6	9,0	3,1	0,64	2,15	Ø 0,2				air	Ac/Pb	plâtre humide
IL 44	9,3	3,9	0,63	2,42	Ø 0,14	1,2					
R 52	19,3	5,21	0,71	4,52	Ø 0,22	3,5					
IL 40	15	5,52	0,64	4,25	Ø 0,17						
TN 1	17,5	3,075	□ 0,95	2,40	0,45 x 0,42	4,6	4	6	air		
NLI 1/2	24	5,77	1,63	4,52	Ø 0,32	11	1	2	He	Ac/Pb/U	eau
NFS 4	25	5,43	1,27	4,52	Ø 0,34	11	1	2	eau	Ac/Pb	eau borée
IL 42	33	5,01	1,43	4,58	0,22 x 0,22	15	1	1	air	Ac/Pb	résine
NTL 2	36	4,69	1,25	3,87	0,44 x 0,44		4	9	air		
NTL 8	36	4,78	2,03	4,28	3x(0,23x0,23)	35	3	-	air	Ac/Pb	résine
NTL 9	35	5,02	2,02	4,52	Ø 0,47	25	-	7	air	Ac/Pb	borée
NTL 8	46	4,05	1,75	3,37	Ø 0,89	35	7	12	eau	Ac/Pb	eau
NTL 4	63	5,04	1,75	4,37	Ø 0,84	35) 5	-	eau		
NTL 5	67	5,34	1,75	4,67	Ø 0,84	35				eau	
IF 300	73	5,08	1,92	4,3	Ø 0,95	60	7	-	air/eau	Ac/U	eau
G 7/8	73	5,6	2,47	4,56	Ø 0,95	60	7	18	air/eau	Ac/Pb	
NTL 11	76	5,307	1,91	4,66	Ø 0,92	42) 6	17	eau		
NTL 14	81,6	5,806	1,91	5,16	Ø 0,92	46				eau	
NLI 10/24	88	5,194	2,24	4,56	Ø 1,14	70	10	-	He	Ac/Pb/U	eau
G 10-24	94	6,46	2,5	4,6	Ø 1,1	70	10	24	air/eau	Ac/Pb	
NTL 12	95	5,34	2,5	4,85	Ø 1,22	120) 12	31	air		
NTL 10	104	5,81	2,5	5,05	Ø 1,22	120				air	
LK 100B	100	6,8	2,5	4,6		100	12	24	air	Ac/Pb	résine

* non compris poids du berceau, palonnier

TABLEAU 4

CARACTERISTIQUES DE DIVERS EMBALLAGES POUR LE TRANSPORT DE BARREUX ET D'ASSEMBLAGES DE COMBUSTIBLES IRRADIES

Caractéristiques	Pays-Bas	Belgique
Capacité électrique installée et en service en 1979 (MWe)	502	1776
Quantités de combustibles déchargées annuellement (tonnes U)	12	44
Nombre théorique de transports annuels	20	29

TABLEAU 5

REFERENCES :

- (1) Règlement de Transport des Matières Radioactives, Collection Sécurité n°6, Agence International de l'Energie Atomique, Vienne, Edition révisée de 1973 (amendée en 1979).
- (2) Accord Européen relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par route (A.D.R.) et annexes A et B, signés à Genève le 30 septembre 1957.
- (3) Règlement International concernant le Transport des Marchandises Dangereuses par Chemin de fer R.I.D., Annexe I à la Convention Internationale concernant le Transport des Marchandises par Chemin de fer (C.I.M.).

VERVOER VAN RADIOACTIEVE STOFFEN IN VERPAKKING TYPE B(U)

Uit de proeven, voorgeschreven door het Internationaal Agentschap voor Atoomenergie, als ook uit de speciale proefnemingen, uitgevoerd op verpakkingen type B(U), blijkt hun buitengewone stevigheid, zelfs onder de strengste voorwaarden (bv. ten gevolge van een ongeluk). Zij werden ontworpen voor het vervoer van stoffen en van materiaal van verschillende aard, zoals bestraalde brandstoffen, afkomstig van nucleaire krachtcentrales. In dit geval worden de verpakkingen verzonden langs de weg of met de spoorweg, in functie van hun gewicht.

TRANSPORT OF RADIOACTIVE MATERIALS IN PACKAGES OF TYPE B(U)

The tests prescribed by the International Agency of Atomic Energy as well as the special proofs to which the packages of type B(U) have been submitted, are showing their extreme robustness even under the most severe conditions (i.e. case of accident). Their conception permits to transport materials of different nature, i.e. irradiated fuels from nuclear power-stations. In this case, the packages are transported by road or by railways, in function of their weight.

BEFOERDERUNG VON RADIOAKTIVEN STOFFEN IN VERPACKUNGEN TYP B(U)

Aus Proben, vorgeschrieben bei dem Internationalen Atomgesellschaft und aus den speziellen Proben durchgeführt auf Verpackungen Typ B(U), zeigt sich ihre auffallende Solidität sogar unter die strengsten Bedingungen (z.B. bei Unfälle). Diese Verpackungen würden entworfen für der Transport von Stoffen und Materialien verschiedener Art, sowie bestrahlten Brandstoffen aus nukleare Kraftstations. In diesem Fall werden die Verpackungen befördert auf die Strasse oder auf die Eisenbahn, je nach ihr Gewicht.