

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE

DEPARTEMENT D'ANALYSE DE SURETE



CEA-CONF--9150

(CEA-DAS--346) 51

ETUDE DE L'ARRIMAGE DE COLIS DE MATIERES RADIOACTIVES EN CONDITIONS ACCIDENTELLES.

G. CHEVALIER*, P. GILLES*, C. PHALIPPOU*,
M. POUARD*, J.C. JOLYS**, J. DRAULANS***
I. LAFONTAINE***

2. National meeting on risk and safety in a transport system

Avignon (France)

CEA-CONF--9150

(CEA-DAS--346) S1

ETUDE DE L'ARRIMAGE DE COLIS DE MATIERES
RADIOACTIVES EN CONDITIONS ACCIDENTELLES.

G. CHEVALIER*, P. GILLES*, C. PHALIPPOU*,
M. POUARD*, J.C. JOLYS**, J. DRAULANS***
I. LAFONTAINE***

2. National meeting on risk and safety in a
transport system

Avignon (France)

25-27 Mar 1987

* CEA/Fontenay-aux-Roses/Saclay

**U.T.A.C./Montlhéry

*** Transnubel/Dessel (Belgique)

ETUDE DE L'ARRIMAGE DE COLIS DE MATIERES RADIOACTIVES

EN CONDITIONS ACCIDENTELLES

G. CHEVALIER, P. GILLES, C. PHALIPPOU, M. POUARD
Commissariat à l'Energie Atomique, Fontenay-aux-Roses/Saclay, France

J.C. JOLYS
U.T.A.C., Montlhéry, France

J. DRAULANS, I. LAFONTAINE
Transnubel, Dessel, Belgique

RESUME

Lors d'une large enquête au sujet des conditions de transport, il s'est avéré que peu de données étaient disponibles concernant les conditions accidentelles. Après la sélection de 2 types d'accidents de référence, ceux-ci ont été définis au moyen de calculs et d'essais.

Sur la base des résultats obtenus, des méthodes analytiques et des abaques ont été mis au point pour le dimensionnement des arrimages.

Ce dimensionnement est déterminé par deux impératifs :

- pour le choc frontal (décélération de 35g) : maintien du colis sur le véhicule,
- pour le choc latéral : rupture du système d'arrimage à partir d'un certain seuil de sollicitation.

Ces impératifs sont traduits en trois formulations mathématiques :

- un bilan des forces dans le système d'élingues et de cales lors d'un choc frontal,
- un bilan énergétique dans le système (heurté, heurtant, élingues) lors du choc latéral,
- un critère de raideur dans le système (élingues, colis) lors du choc latéral.

En appliquant ces formulations, deux résultats se dégagent :

- un système de calage, correctement dimensionné, doit être utilisé pour maintenir un colis ayant une masse supérieure à une tonne,
- lorsque les trois formulations sont appliquées, avec une géométrie libre, on contrôle que l'arrimage satisfait aux impératifs de sûreté précédemment définis.

I INTRODUCTION

L'étude, financée par la Commission des Communautés Européennes, a pour objet l'établissement d'un document de référence donnant des recommandations en matière d'arrimage de colis de matières radioactives sur les moyens de transports routiers. Ces recommandations sont exclusivement proposées afin de répondre aux problèmes posés par les sollicitations mécaniques que subissent les colis en conditions normales ou accidentelles de transport.

L'étude devait être nécessairement limitative. La catégorie de colis, conçus pour être fixés sur des véhicules à l'aide de chaîne ou de câbles, est certainement celle la plus sensible aux sollicitations d'une décélération brutale du véhicule porteur. Celui-ci est, d'une manière générale, d'un poids total roulant limité à 38 tonnes.

2 FORCES DE DECELERATION ENGENDREES EN CONDITIONS ACCIDENTELLES DE TRANSPORT

Il est apparu au cours d'une enquête que les normes les plus courantes relatives aux efforts que doivent subir les arrimages en cours de transport routier sont dans les directions (longitudinalement, latéralement et verticalement) respectivement $2g - 1g - 1g$, tandis que les valeurs maximales sont $10g - 5g$ et $2g$.

Afin de pouvoir vérifier la validité de ces normes, une expérimentation était indispensable. Toutefois, il s'imposait de déterminer, au préalable, les paramètres qui devaient guider cette expérimentation.

Une enquête a mis en évidence que les pourcentages les plus élevés d'accidents de transport de matières dangereuses concernent principalement les chocs frontaux (51,4%) et les chocs latéraux (19%)

La majorité de ces accidents ont lieu à des vitesses de l'ordre de 80 km/h avant l'impact et de 50 km/h au moment de la collision en choc frontal.

Les valeurs de décélération pendant l'impact sont comprises entre 20 et 100g, la valeur moyenne serait de l'ordre de 30g.

Un processus de rupture des arrimages en choc latéral a été étudié. Une vitesse d'agression directe du colis par un heurtant a été déterminé (de 25 à 35 km/h); cette vitesse ne représente pas la vitesse d'accident, qui pourrait être plus élevée. En effet, l'agression directe ou indirecte dépend de la configuration de l'avant du véhicule heurtant.

3 MODELISATION D'ACCIDENTS A L'AIDE DU PROGRAMME TRICO

En tenant compte de ces résultats, un modèle de calculs, par éléments finis, a été utilisé afin de pouvoir déterminer l'énergie absorbée par l'emballage et son arrimage. Le code TRICO, développé par le Commissariat à l'Energie Atomique, a été utilisé pour modéliser le comportement d'un tel ensemble, comprenant un colis du type IL-37, de 1,3 t de la Cogéma, lors d'un choc frontal à une vitesse d'impact de 50 km/h.

4 EXPERIMENTATION

Des essais, en conditions accidentelles, ont été réalisés sur le site de Montlhéry, établissement de l'Union Technique de l'Automobile et du Cycle. L'objet principal de ces essais a été :

- de préciser entre quelles limites hautes et basses doivent être dimensionnés les systèmes d'arrimage,
- de vérifier les résultats obtenus lors de la modélisation,
- de préparer une proposition de code de dimensionnement des systèmes d'arrimage pour le transport de colis de matières radioactives.

Un ensemble de 8 essais a été réalisé :

- 5 avec choc frontal (voir fig. 1 et 2),
- 3 avec choc latéral (voir fig. 3, 4 et 5).

Les résultats obtenus sont les suivants :

- a) il est possible de maintenir un colis du type B (U), pesant 1,3t, sur le plateau d'un camion, lors d'un accident avec choc frontal à une vitesse d'impact de 50km/h, le colis étant maintenu à l'aide d'élingues et de cales appropriées ; la valeur de décélération à considérer lors d'un tel accident (choc frontal) est environ 35g.

b) le colis arrimé peut subir un dommage supérieur à celui provoqué par sa chute d'un mètre sur un poinçon du type défini par les normes de sûreté de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA), lorsqu'il est attaqué directement par un véhicule heurtant, roulant à une vitesse de 25 km/h et ayant une masse très supérieure à la sienne. La valeur maximale de la décélération mesurée lors des essais en choc latéral a été de 120g.

5 DIMENSIONNEMENT D'UN ARRIMAGE

Le Département des études mécaniques et thermiques du Centre de Saclay a entrepris une étude ayant pour objet de démontrer la faisabilité du dimensionnement d'un arrimage. Cette étude prend en compte les résultats obtenus lors des essais précités. Le dimensionnement dépend de trois critères :

- le premier critère se traduit par un bilan des forces : l'arrimage, qui peut comprendre un système d'élingues et un système de cales, doit retenir le colis, qui n'est pas directement sollicité lors d'un choc frontal, mais qui subit une décélération uniforme de 35g,
- le deuxième critère se traduit par un bilan énergétique du système (heurté, heurtant et élingues) : la notion de rupture souhaitée du système d'élingue (on suppose l'absence de cales, ces dernières ne devant jouer aucun rôle au cours d'un choc latéral) est sous-jacente à celle de l'intégrité de l'enveloppe de confinement : le dommage infligé au colis, à partir du seuil d'énergie fixé, est moins grand si les liaisons rompent, que si elles maintiennent le colis sur le plateau.
- le troisième critère complète le deuxième : il exprime que la raideur des élingues est inférieure à celle de la paroi du colis. Pour l'appliquer, il est nécessaire de connaître la pénétration de référence correspondant à la chute du colis sur un poinçon depuis une hauteur de 1m.

Les trois critères précités ont été traduits par des expressions mathématiques. Des méthodes analytiques et des abaques ont été mis au point en fonction du problème posé et du nombre de critères à appliquer. L'ensemble du dimensionnement peut être également traité par un logiciel en basic, compilé, transportable sur tout microordinateur compatible en I.B.M. P.C. avec carte graphique.

Des exemples d'application ont été traités et les deux résultats suivants s'en dégagent :

- tout colis de masse supérieure à une tonne doit avoir un système de calage dimensionné. Pour appliquer avec succès les trois critères mathématiques, il est recommandé de postuler un effort à la rupture RC du calage égal à au moins les 3/4 de celui satisfaisant à lui seul au critère de choc frontal.

$$RC = \frac{3}{4} (35g.M)$$

où M est la masse du colis.

- lorsque les trois critères sont appliqués avec géométrie non imposée (longueur d'élingue, angles, position des points d'ancrage), la méthode aboutit toujours à un résultat. Cette méthode s'impose pour la conception des plateaux de nouveaux véhicules.

L'étude relative au dimensionnement des arrimages a permis de dégager les conclusions suivantes :

- a) les moyens d'arrimage employés actuellement et les points d'ancrage sur la plupart des véhicules en service ne répondent pas aux critères définis plus haut lorsque les colis ont une masse supérieure à une tonne et, en particulier, lorsque la technique du calage n'est pas mise en oeuvre.
- b) un système d'élingue résistant est rapidement d'un encombrement et d'un poids importants, lorsque le système de calage est insuffisant.

6 CONCLUSIONS

L'ensemble de l'étude a ainsi conduit aux trois recommandations suivantes (voir fig. 6) :

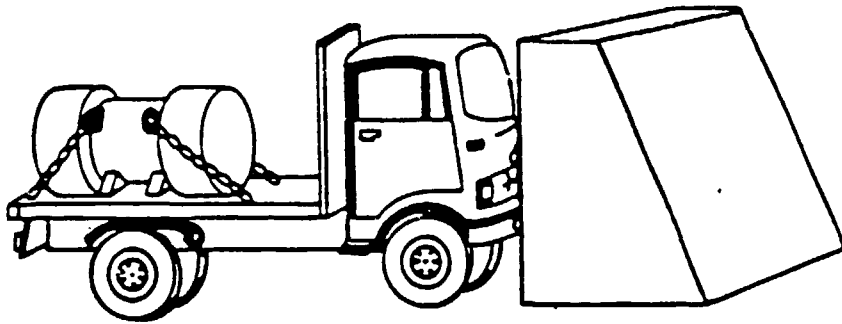
R1 - lorsque le colis est protégé des agressions latérales par des structures, le dimensionnement de l'arrimage ne sera calculé qu'avec le critère de choc frontal.

R2 - Les plateaux des nouveaux véhicules seront conçus pour que l'arrimage des colis respecte les trois critères mathématiques liés aux chocs mentionnés.

R3 - Les colis et les véhicules existants, non munis de structures latérales, seront soumis aux trois critères. En cas d'impossibilité de satisfaire les trois critères, le critère de raideur ne sera pas considéré. Dans le cas de l'application d'un seul critère, une protection minimale sera néanmoins obtenue.

- BIBLIOGRAPHIE -

- | | |
|--|--|
| J. DRAULANS, I. LAFONTAINE | Nuclear science and technology
EUR 8057 EN (1982) |
| B. AUGUIN, P. GILLES, G. CHEVALIER,
J.P. JOLYS, J. DRAULANS et I. LAFONTAINE | Sciences et techniques nucléaires
EUR 9103 FR (1985) |
| P. GILLES, G. CHEVALIER,
M. POUARD, J.C. JOLYS,
J. DRAULANS et I. LAFONTAINE | Sciences et techniques nucléaires
EUR 9195 EN-FR (1984) |
| C. PHALIPPOU | Note CEA-N-2463 (1986) |



Vitesse: 50 km/h

But : maintien du colis sur le véhicule

Fig 1 : Essais en choc frontal

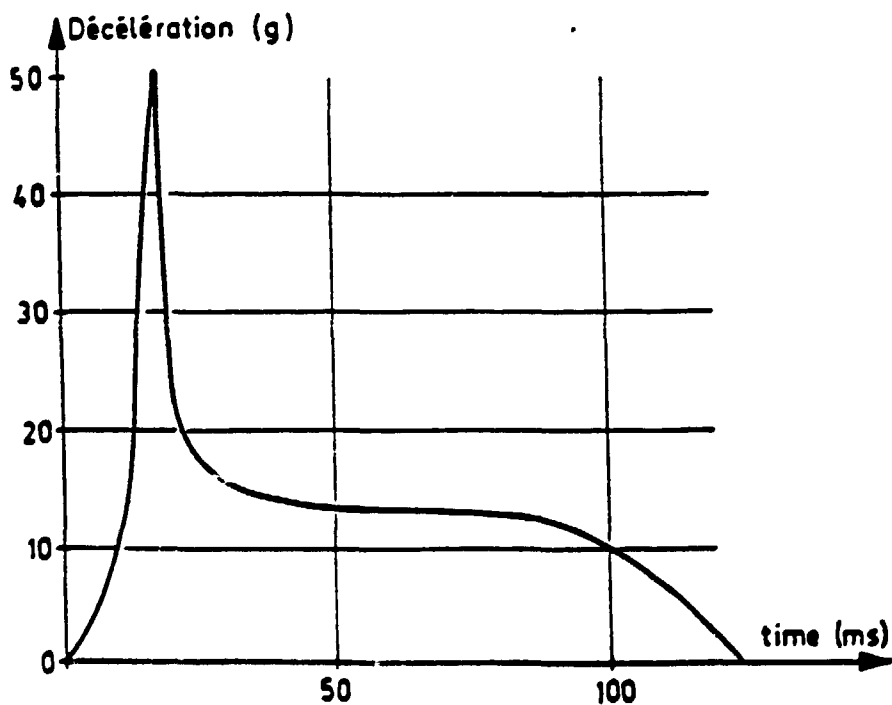
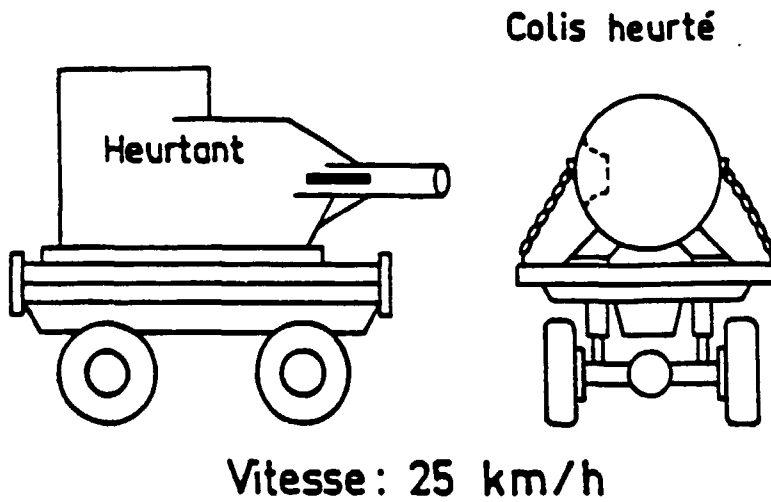


Fig 2 : Courbe de décélération moyenne



**Buts: rupture des arrimages et
dommage limité sur le colis**

**Fig 3 :
Essais en choc latéral contre l'emballage**

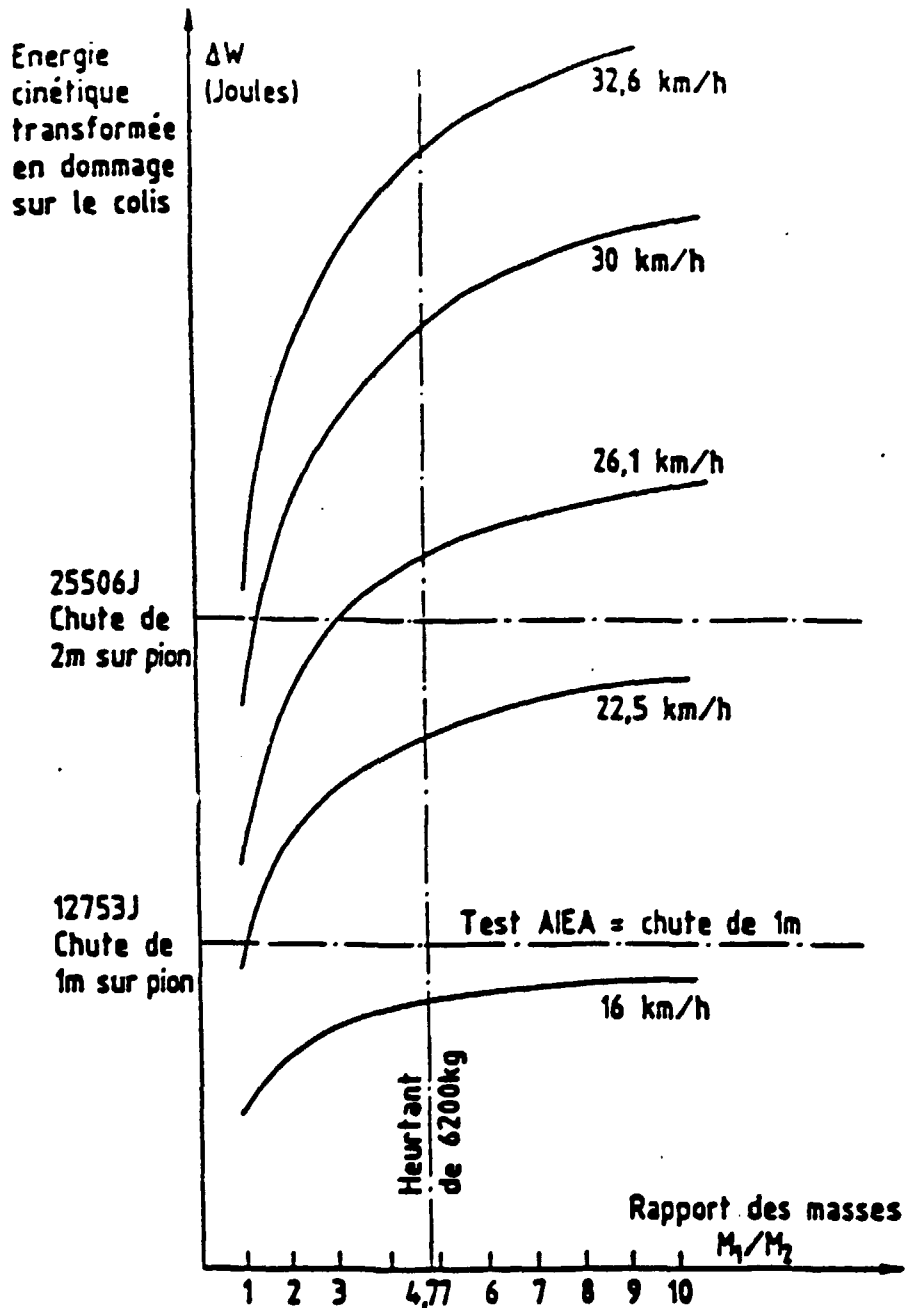


Fig. 4 - Influence de la masse du heurtant

M1 = Masse du heurtant au choc latéral

M2 = Masse du colis

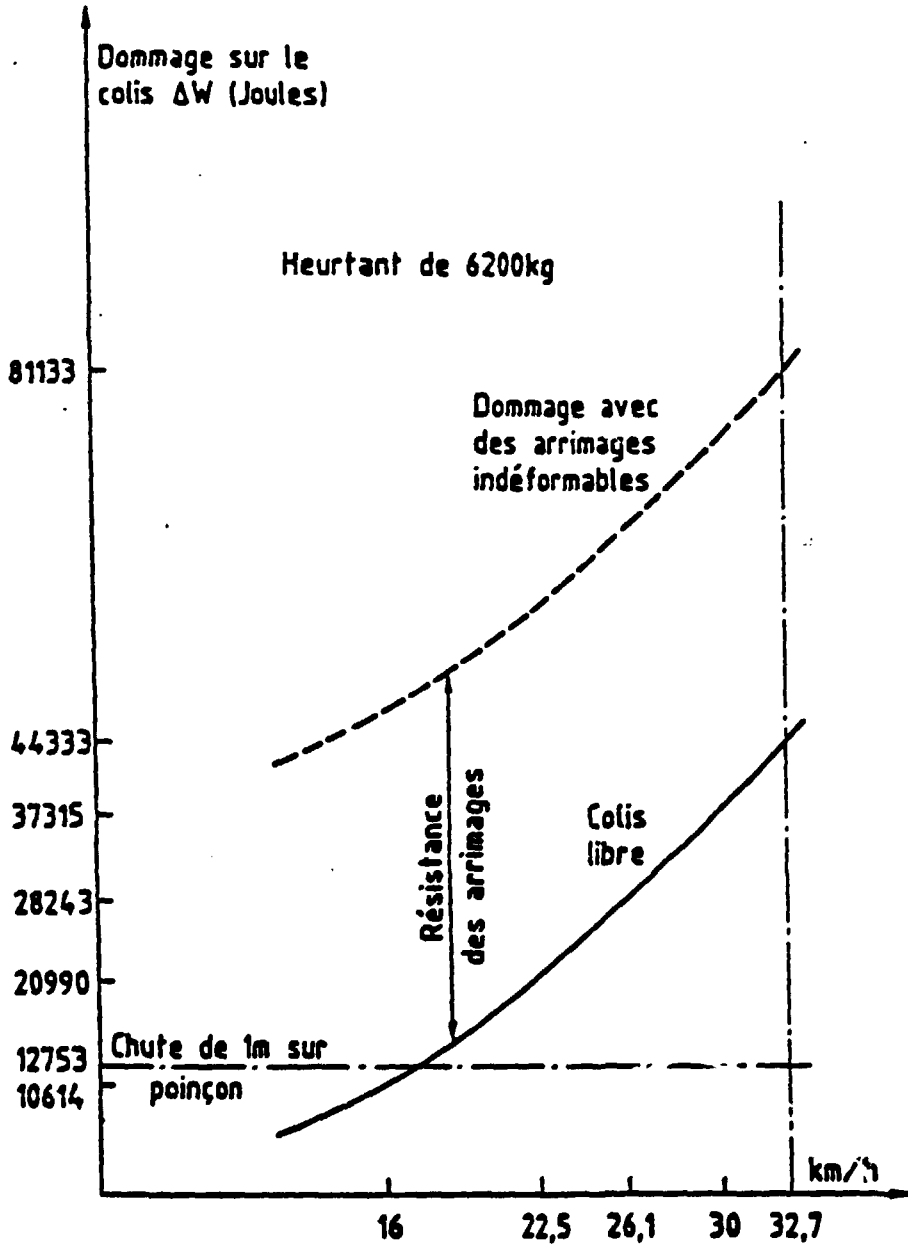


Fig 5 - Influence de la vitesse sur le dommage

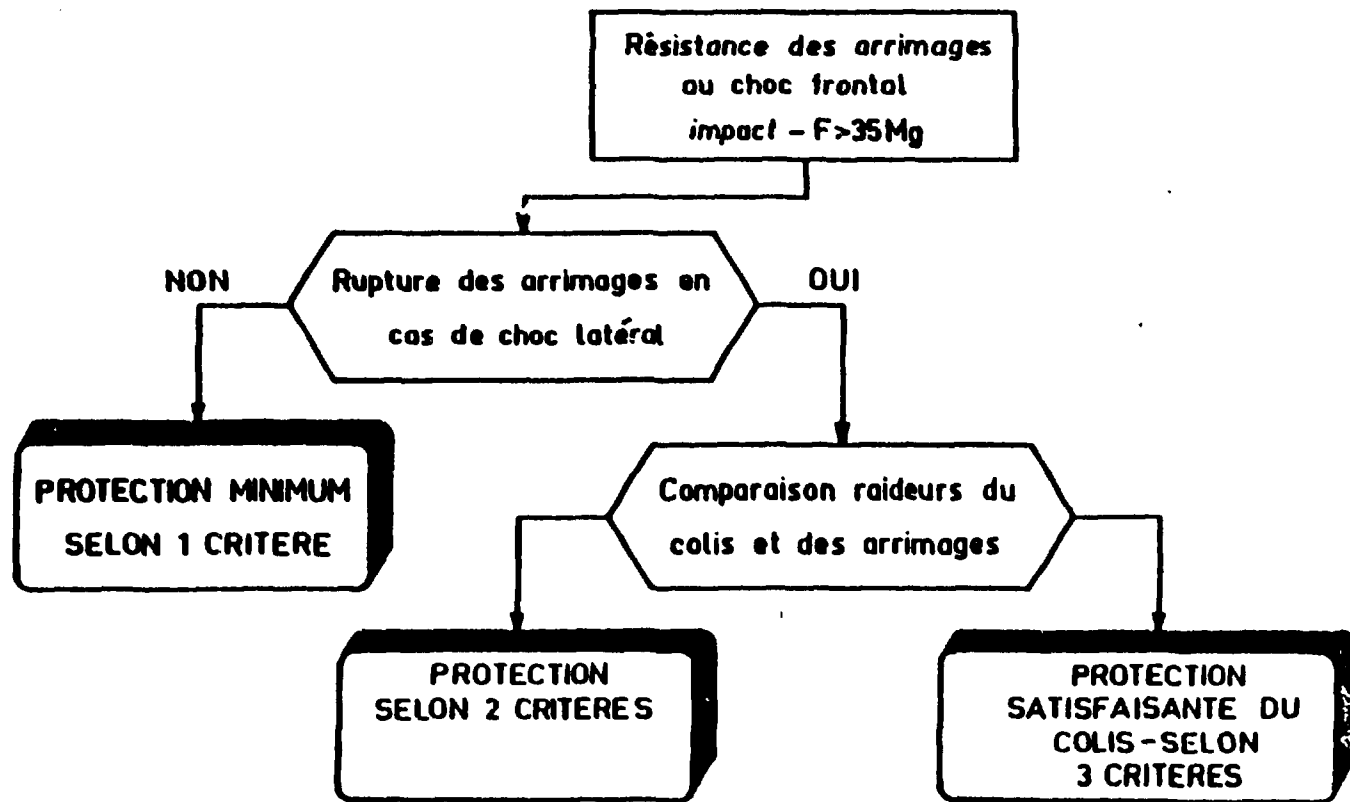


Fig 6 : Schéma de décision

DESTINATAIRES

DIFFUSION CEA

M. le Haut Commissaire
 DSE
 DDS
 IPSN
 IPSN : M. SCHMITT
 IPSN : M. CANDES
 DRSN : M. BUSSAC
 DRSN : M. PELCE
 DAS
 SRDE
 BDSN
 LEFH
 BAIN
 GCSR
 SASR
 SACP
 SAEP
 SGNR
 SAREP
 SASICC
 SASLU
 SASLU/VALRHO
 SEC
 SAET
 SAED

STAS
 SASC
 SAEG
 SAM
 SPI
 BEP
 DERS Cadarache
 SES Cadarache
 SERE Cadarache
 SIES Cadarache
 SESRU Cadarache
 SRSC Valduc
 SEAREL
 DPS/FAR + DPS/DOC : Mme BEAU
 DPT/FAR
 DSMN/FAR
 CDSN/FAR : Mme PENNANEACH
 UDIN/VALRHO
 DEDR Saclay
 DRNR Cadarache
 DRE Cadarache
 DER Cadarache
 DMT Saclay
 DMECN/DIR Cadarache
 DMECN Saclay
 DTCE Grenoble
 Service Documentation Saclay :
 Mme COTTON (3 ex.)

DIFFUSION HORS CEA

Secrétariat Général du Comité Interministériel de la Sécurité Nucléaire : M. CUREAU
 Conseil Général des Mines : M. DE TORQUAT
 Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires : M. LAVERIE (+ 3 ex.)
 Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires - FAR
 Monsieur le Président du G.P.d. : M. GUILLAUMONT
 Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières : Mlle TISSIER
 FRAMATOME : M. le Directeur Général
 NOVATOME : M. le Directeur Général
 TECHNICATOME : M. le Directeur Général
 TECHNICATOME : Service Documentation
 EDF / L'inspecteur général de sûreté et de sécurité nucléaires : M. TANGUY
 EDF / SEPTEN (2 ex.)
 EDF / SPT
 M. HOHLEFELDER) Bundes Ministerium für UMWELT, NATURSCHUTZ
 M. BREEST) und REAKTORSICHERHEIT - BONN (RFA)
 M. KREWER - Bundes Ministerium für Forschung und Technologie - BONN (RFA)
 M. BIRKHOFFER - Gesellschaft für Reaktorsicherheit - KOLN (RFA)
 M. JAHNS - Gesellschaft für Reaktorsicherheit - KOLN (RFA)
 M. HAUBER - U.S.N.R.C. - WASHINGTON (E.U.)
 M. BECKJORD - U.S.N.R.C. - WASHINGTON (E.U.)
 M. E.A. RYDER - U.K.A.E.A. - Safety and Reliability Directorate - RISLEY (G.B.)
 M. J.S. Mc LEOD - Nuclear Installations Inspectorate - LIVERPOOL (G.B.)
 M. GONZALES - Consejo de Seguridad Nuclear - MADRID (ESPAGNE)
 M. José DE CARLOS - Consejo de Seguridad Nuclear - MADRID (ESPAGNE)
 M. C. BORREGO - Département de l'Environnement - Université d'AVEIRO (PORTUGAL)
 M. E. HELLSTRAND - STUDSVIK ENERGITEKNIK AB -
 Nuclear Division, Safety and System Analysis - NYKOPING (SUEDE)
 M. NASCHI - Direttore Centrale della Sicurezza Nucleare e della Protezione Sanitaria -
 ENEA - ROMA (ITALIE)
 M. P. VANNI - Direttore relazioni esterne e informazioni -
 ENEA - ROMA (ITALIE)

M. ZHANG YU MAN - National Nuclear Safety Administration (CHINE)
M. MA FUBANG, Director of the Nuclear Electricity Office - MIN (CHINE)
M. KANDA - MITI (JAPON)
M. EIICHI TSUJI - Science & Technology Agency -
Director of the Nuclear Safety Division (JAPON)
M. OKASAKI - Science & Technology Agency - Nuclear Safety Division (JAPON)
M. FUKETA - JAERI - Center of Safety Research (JAPON)

COPIE (SANS P.J.)

M. CHAVARDES (Attaché près de l'Ambassade de France aux Etats-Unis)
M. FELTEN (Attaché près de l'Ambassade de France au Japon)
M. WUSTNER (Attaché près de l'Ambassade de France en RFA)
M. GOURIEVIDIS (Attaché près de l'ambassade de France en Chine)