

x

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
INSTITUT DE PROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE
DEPARTEMENT D'ANALYSE DE SURETE

P4

DAS

2

RAPPORT DAS N° 85

EFFETS DE SYNERGIE
LORS DE LA SIMULATION D'ACCIDENTC ALBA, F. CARLIN, J. CHENION, G. GAUSSENS *
M. LE MEUR**, M. PETITJEAN***

International symposium on aging in tests of safety
equipment for nuclear power plants
Paris (France) 15-16 May 1984
CEA-CONF--7536

667

RAPPORT DAS N° 85

**EFFETS DE SYNERGIE
LORS DE LA SIMULATION D'ACCIDENT**

**C ALBA, F. CARLIN, J. CHENION, G. GAUSSENS *
M. LE MEUR**, M. PETITJEAN*****

**Colloque international sur le vieillissement
dans les essais de matériel de sûreté
pour centrales nucléaires.
(PARIS, 15-16 mai 1984, SFEN)**

*** ORIS/LABRA
** DAS/SASR/SAF
*** PETERCEM**

RESUME

La rupture accidentelle d'une canalisation du circuit primaire d'un REP entraînerait la vaporisation de l'eau dans l'enceinte de confinement. Les matériels contenus dans le bâtiment réacteur seraient soumis alors simultanément à l'augmentation de la température et de la pression ainsi qu'aux rayonnements des produits d'activation et de fission du coeur du réacteur. De plus, ces matériels seraient soumis à l'aspersion d'une solution chimique de borate de soude. Parmi ces matériels, certains, classés KI, ont un rôle à tenir afin d'assurer la mise à l'arrêt du réacteur ; pour cela, ils doivent fonctionner après un tel accident.

Dans le cadre de la qualification des matériels classés KI, la simulation de l'accident est effectuée par des essais séquentiels. Les matériels sont soumis à l'irradiation puis à la séquence thermodynamique et chimique.

La tenue des matériels classés KI est due essentiellement au comportement des matériaux polymères qui entrent dans leur constitution.

La dégradation des matériaux polymères par une simulation séquentielle de l'accident est-elle représentative de la dégradation obtenue après un accident ?

Pour répondre à cette question, l'étude de l'évolution des propriétés physiques de neuf matériaux polymères qui subissent une simulation séquentielle ou simultanée de l'accident est effectuée à l'aide de l'installation CESAR.

L'enceinte d'essai CESAR permet de réaliser des chocs et des profils de décroissances de température et de pression, en présence ou en absence de rayonnement donc de reproduire un essai simultané ou séquentiel.

L'évolution des propriétés mécaniques est déterminée pour les polymères suivants : deux vernis polyamide-imide (bobinages de moteurs) ; une résine époxydique renforcée par des fibres de verre (isolants électriques) ; un polysulfure de phénylène renforcé par des fibres de verre, Ryton R4[®] (isolants électriques) ; trois élastomères : un Hypalon[®], un EPDM ignifugé par de l'hydrate d'alumine, un EPDM ignifugé par des produits bromés (gainés de câbles) ; un copolymère acrylique Vamac[®] (joints) et un silicone thermodur renforcé par des fibres de verre (isolants électriques).

Les résultats obtenus montrent en fonction des propriétés physiques qui sont mesurées sur huit des polymères étudiés que l'essai séquentiel conduit à une perte de propriétés physiques des polymères égale ou plus importante que l'essai simultané. L'Hypalon fait exception en ayant une dégradation de ces propriétés physiques plus importante après l'essai simultané qu'après l'essai séquentiel.

SYNERGETIC EFFECTS IN ACCIDENT SIMULATION

ABSTRACT

Accidental breaking of PWR coolant canalization would entail water vaporization into confinement enclosure. Equipments would be simultaneously subjected to temperature and pressure increase, chemical spray, and radiation action of reactor core products. Some equipments have to work after accident in order to stop reactor running and blow out water calories.

Usually, in France, accident simulation tests are carried out sequentially : irradiation followed by thermodynamical and chemical tests.

Equipments working is essentially due to those polymer materials behaviour. Is the polymers behaviour the same when they are either subjected to sequential test, or an accident (simultaneous action of irradiation and thermodynamical and chemical sequence) ?

In order to answer to this question, nine polymer materials were subjected to simultaneous and sequential test in CESAR cell.

Experiments were carried out in CESAR device with thermodynamical chocks and a temperature and pressure decrease profil in presence or without irradiation. So, the test is either simultaneous or sequential. Mechanical properties change are determined for the following polymeric materials :

Two polyamide-imide varnishes used in motors and coils ; one epoxydic resin, glass fiber charged (electrical insulating) ; polyphenylene sulfide, glass fiber charged, the Ryton R4[®] (electrical insulating) ; three elastomeric materials : Hypalon[®], fire proof by bromine or by alumina EPDM (cables jacket) ; VAMAC[®] which is a polyethylene methyl polymethacrylate copolymer ; then a silicon thermoset material glass fiber charged (electrical insulating).

After tests, usually, mechanical and electrical properties change of polymer materials show sequential experiment is more severe than simultaneous test however, Hypalon does not follow this law. For this polymer simultaneous test appears more severe than sequential experiment.

I. INTRODUCTION

Les matériels incorporés dans la chaîne de sûreté des réacteurs nucléaires qui sont situés dans l'enceinte de confinement doivent assurer leur fonction sans défaillance pendant toute la durée de leur utilisation et, si nécessaire, en cas d'accident.

Comme la durée de vie d'un réacteur REP a été fixée à 40 ans, il est indispensable d'effectuer des essais accélérés pour simuler les conditions d'utilisation, par contre, la phase accidentelle peut être plus aisément réalisée en temps réel.

En cas d'accident, les matériels présents dans l'enceinte de confinement seraient soumis à l'action simultanée de la vaporisation de l'eau du circuit primaire (élévation brutale de la température et de la pression), de l'irradiation produite par la dispersion des produits du cœur du réacteur ainsi qu'à l'action de l'aspersion chimique d'eau boratée.

La plupart des matériels doivent, après un tel accident, pouvoir fonctionner pendant un temps suffisamment long pour assurer l'arrêt du réacteur et l'observation de toutes les consignes de sécurité.

L'état des matériels est alors lié essentiellement au comportement des matériaux polymériques qui entrent dans leur constitution.

Dans le cadre de la qualification des matériels électriques classés K1, les essais de simulation d'accident sont effectués, en France, (1), habituellement selon un processus séquentiel d'irradiation suivie de la séquence thermodynamique et chimique.

Un tel processus séquentiel a-t-il les mêmes effets sur le comportement mécanique et électrique des matériaux polymères que l'action simultanée de l'irradiation et de l'essai thermodynamique et chimique ?

Les résultats de cette étude effectuée sur neuf polymères techniques entrant dans la constitution des matériels électriques des R.E.P., apportent une réponse à cette question.

II. BIBLIOGRAPHIE

Plusieurs auteurs ont étudié les effets de synergie irradiation-température qui pourraient exister lors du vieillissement des polymères en ambiance de marche normale des REP.

Par contre, peu d'entre eux ont comparé les effets de l'action séquentielle ou simultanée du rayonnement et de la phase thermodynamique et chimique accidentelle sur le comportement des polymères.

Salvatore P. CARFAGNO (2) lors de son exposé sur les effets de synergie à prendre en compte pour la qualification met en avant les travaux de CAMPBELL (3) qui a montré que la durée de vie en ambiance nucléaire d'un vernis, utilisé dans les bobinages de moteur, déterminée par des essais simultanés était plus importante que celle déterminée par des essais séquentiels.

J. BERTHET, G. GAUSSENS et al (4) ont, suite aux études réalisées sur les vieillissements en ambiance nucléaire mis l'accent sur la nécessité de réaliser des essais simultanés de l'ambiance accidentelle.

T. SEGUCHI et al (5) ont étudié plusieurs facteurs intervenant dans la simulation d'accident. Ils ont notamment montré l'effet de synergie sur le comportement de câbles électriques. De ces travaux, il ressort que si, pour l'allongement à la rupture les essais séquentiels et simultanés sont équivalents, pour la contrainte à la rupture l'essai séquentiel est plus sévère que l'essai simultané.

Larry D. BUSTARD (6) a présenté les résultats des essais de simulation d'accident réalisé séquentiellement et simultanément (sans aspersion chimique) sur neuf câbles différents en EPR.

Les résultats sont partagés, les dégradations les plus importantes ont été, pour certains câbles, provoquées par l'essai simultané et pour d'autres câbles par l'essai séquentiel.

J. CHENION et al, lors de la présentation de résultats obtenus sur des matériaux polymériques vieillis en ambiance nucléaire, ont exposé le programme de coopération entre le CEA (DAS et ORIS) et la US-NRC. Cette étude, en cours d'achèvement doit mettre en évidence les effets de synergie, irradiation d'accident-séquence thermodynamique et chimique. Elle est réalisée avec des échantillons qui ont subi préalablement des cycles de vieillissement séquentiel ou simultané.

III. MATERIAUX

Les matériaux polymères retenus pour cette étude sont connus pour posséder une bonne tenue en ambiance nucléaire.

Les produits suivants ont été essayés :

2.1. Polymères thermodurs

a) Deux vernis polyamide-imide de fournisseurs différents et utilisés comme isolants pour les bobinages de moteur. Les éprouvettes se présentent sous la forme de torsades composées de 2 fils de cuivre enduits de vernis (épaisseur du revêtement $35 \mu m$).

Chaque torsade mesure environ 10 cm. Des essais de claquage diélectrique sont réalisés sur les torsades.

b) Une résine époxydique renforcée avec des fibres de verre et utilisée comme isolant dans les borniers électriques. La contrainte à la flexion est mesurée sur des barreaux de 50x10x3 mm. Le claquage diélectrique est réalisé sur des plaques de 50x50x1 mm.

c) Une résine silicone chargée avec des fibres de verre. La contrainte à la rupture est mesurée sur des haltères ISO (Norme NF T 51034).

2.2. Polymère thermoplastique

Le polysulfure de phénylène Ryton R4[®] chargé avec des fibres de verre. Ce matériau est utilisé comme isolant électrique dans les matériels de connection. L'allongement à la rupture et la contrainte à la rupture sont mesurés sur des haltères normalisées ISO dont l'épaisseur est de 4 mm (Norme NF T 51-034). Les tensions de claquage diélectrique sont mesurées sur des échantillons constitués de la partie interne des connecteurs.

2.3. Elastomères

a) Trois élastomères utilisés comme gaines de câbles électriques : l'Hypalon[®], un EPDM ignifugé par des produits bromés et un EPDM ignifugé par l'hydrate d'alumine. Pour ces 3 produits, des haltères normalisées H3 sont découpées dans la gaine des câbles (épaisseur moyenne 2 mm). La contrainte et l'allongement à la rupture sont mesurés.

b) Le Vamac[®] utilisé dans la fabrication de joints toriques. La contrainte et l'allongement à la rupture sont mesurés sur des haltères normalisées H3 découpées dans une plaque de 2 mm.

La déformation rémanente à la compression est mesurée sur des joints toriques (corde de 2,5 mm de diamètre). Pour cela, au cours des essais, les joints sont placés dans des gorges de 20 mm de profondeur. Le joint a donc un taux de compression de 20 %. La rigidité diélectrique est mesurée sur des plaques de 50x50x2 mm.

IV. MATERIEL UTILISE

4.1. Cellule d'essais

La cellule d'essais CESAR permet de reproduire dans un volume de 200 litres, les conditions thermodynamiques et chimiques accidentelles de l'enceinte de confinement des REP.

L'ensemble est constitué, outre la cellule d'essais, d'un générateur de vapeur, d'un surchauffeur préparant de la vapeur sèche et d'un groupe d'aspersion d'eau boratée (figures 1 et 2).

Au cours d'un essai, l'évolution de la température et de la pression est imposée par un ordinateur. Un jeu d'électrovannes permet alors l'introduction dans la cellule d'essais soit d'un gaz, soit de la vapeur, soit enfin l'évacuation de la pression en excès.

Le système est étudié pour permettre une augmentation de la température et de la pression aux valeurs maximales (180 °C et 7 bars) en moins de 10 secondes.

4.2. Irradiateur

Afin de réaliser la séquence thermodynamique et chimique simultanément avec l'irradiateur, l'enceinte CESAR est installée dans l'irradiateur POSEIDON (figure 4) et soumise au rayonnement du cobalt 60. Quelques minutes avant l'essai, les sources de cobalt sont disposées de part et d'autre de la cellule d'essai. L'activité totale des sources, lors des essais, est d'environ 200.000 curies.

Le débit de dose au centre du caisson est de 0,82 Gray par seconde \pm 3 %. Celui-ci est mesuré à l'aide d'une chambre d'ionisation.

Le gradient du débit de dose est mesuré par un film dosimétrique de triacétate de cellulose. De ces mesures, il ressort que les variations du débit de dose dans le volume occupé par les échantillons est inférieur à 15 %.

4.3. Fours

Au cours des essais séquentiels, l'irradiation des échantillons est réalisée dans deux fours tubulaires placés parallèlement aux plans des sources de cobalt 60 et maintenus à 80 °C. Chaque four possède une longueur utile de 700 mm. Les variations de température au centre du tube, en fonction de la longueur sont au maximum de 2 °C. Les extrémités de chacun des fours sont fermées par un tissu afin de diminuer les pertes thermiques tout en conservant un renouvellement de l'air à l'intérieur du four par convection naturelle.

Le débit de dose mesuré au centre des fours avec une chambre d'ionisation est de 0,86 Gray par seconde \pm 8 %.

Les variations des débits de dose, déterminées par un film dosimétrique de triacétate de cellulose ont été inférieures à 10 % des valeurs mesurées au centre des fours.

4.4. Moyens de mesures mécaniques et électriques

Les mesures de contrainte à la rupture et d'allongement à la rupture sont effectuées avec une machine de traction de marque ZWICK de type 7025/3 équipée d'un extensomètre et placée dans une pièce à la température de 21° \pm 1 °C. La vitesse de traction est de 50 mm.mn⁻¹.

Les mesures de rigidité diélectriques et de claquage diélectrique sont réalisées avec un générateur de haute tension de marque BOUCHET muni d'une cage d'essai. Les échantillons sont soumis à une tension alternative croissante jusqu'à 30 kilovolts.

V. CYCLES D'ESSAIS

La dose reçue par les échantillons lors de leur exposition au rayonnement du cobalt 60 est de 600 kilogray \pm 15 %. Deux essais sont réalisés :

5.1. Essai simultané (ADR I)

Dans cet essai noté ADRI, la séquence thermodynamique est réalisée simultanément avec l'irradiation d'accident.

La durée de l'irradiation est de 204 heures. Le premier choc thermique est réalisé dès la première minute d'exposition au rayonnement. Le deuxième choc thermique est effectué après 108 heures d'irradiation.

L'ensemble des profils d'évolution de la température et de la pression obtenus sont portés sur la figure 3.

Lors de la mise en relation de l'enceinte et du surchauffeur, un premier pic thermique est observé dans l'enceinte. Pendant 200 secondes, les échantillons sont maintenus en ambiance de vapeur sèche dans la cellule d'essai. Au bout de 200 secondes, un second pic thermique est observé. Il est dû à l'enthalpie de condensation de la vapeur sèche dans la cellule d'essai.

Au cours des deux séquences thermodynamiques, la température mesurée dans l'enceinte reste toujours supérieure au profil imposé considéré comme minimum par les organismes de sûreté pour la simulation d'un accident.

5.2. Essai séquentiel (ADR 2)

Dans cet essai noté ADR2, la séquence thermodynamique a été réalisée après l'irradiation d'accident.

Les séquences thermodynamiques sont réalisées dans la cellule CESAR disposée à l'extérieur de la casemate d'irradiation (figure 4). Vingt quatre heures se sont écoulées entre les deux séquences thermodynamiques.

Les profils d'évolution de la température et de la pression sont identiques à ceux qui ont été observés lors du cycle simultané. Toutefois, alors que lors de la première séquence de l'essai simultané, la température des échantillons est maintenue à 70 °C par l'absorption du rayonnement ; lors de l'essai séquentiel, la température décroît jusqu'à l'ambiance.

VI. RESULTATS

Les résultats des essais mécaniques et électriques sont portés dans les figures 5 à 10. Les matériaux sont regroupés en fonction de leur utilisation.

6.1. Vernis polyamide-imide (figure 5)

Les valeurs moyennes des tensions de claquage après l'essai séquentiel (6,8 kilovolts) sont plus faibles que celles obtenues après l'essai simultané (8,5 kilovolts).

6.2. Résines stratifiées époxy-fibre de verre (figure 6)

Aux précisions de mesures près, les tensions de claquage diélectrique sont du même ordre après l'essai séquentiel et après l'essai simultané.

Les contraintes à la flexion sont plus élevées pour l'essai simultané

(50.10^3 MPa) que pour l'essai séquentiel (25.10^3 MPa). Le matériau est moins dégradé après l'essai simultané.

6.3. Polysulfure de phénylène (figure 7)

La contrainte à la rupture diminue de 36 %, et l'allongement à la rupture de 46 %. aussi bien après l'essai séquentiel que l'essai simultané.

Les tensions de claquage diélectrique ont des valeurs plus élevées que celles des témoins après les deux cycles d'essais.

Il est difficile de porter un jugement sur la sévérité des cycles d'essais pour ce matériau.

6.4. Elastomères : Hypalon[®], EPDM ignifugé à l'hydrate d'alumine, EPDM brome (figure 8)

Les élastomères utilisés comme gaine pour les câbles ont des comportements différents :

a) L'Hypalon[®] se dégrade et la contrainte à la rupture diminue d'avantage après l'essai séquentiel (moins 30 %) qu'après l'essai simultané (moins 22 %).

L'allongement à la rupture diminue de 50 % après les deux cycles d'essais. Le matériau conserve cependant des propriétés élastomériques.

A partir des résultats obtenus avec la mesure de la contrainte à la rupture, il ressort que l'essai simultané semble plus sévère que l'essai séquentiel.

b) L'EPDM ignifugé à l'hydrate d'alumine a perdu ses propriétés élastomériques : pour les deux cycles d'essais la contrainte à la rupture a augmenté de 66 % environ et l'allongement à la rupture a diminué de 85 %. Le matériau est devenu dur et cassant après chacun des cycles d'essais, qui, pour ce matériau sont aussi sévères l'un que l'autre.

c) L'EPDM ignifugé par des produits bromés a une contrainte à la rupture peu sensible aux deux types de simulations. L'allongement à la rupture diminue de façon identique (moins 60 %) après l'essai séquentiel et après l'essai simultané. L'évolution des propriétés mécaniques est donc la même après les deux types d'essais.

6.5. Elastomère Vamac[®] (Figure 9)

La contrainte à la rupture diminue de 7 % dans les essais simultanés et séquentiel.

Les valeurs moyennes des allongements à la rupture sont plus basses après l'essai séquentiel (moins 22 %) qu'après l'essai simultané (moins 11 %).

Il semble que la déformation rémanente après compression soit plus importante (50 %) après l'essai séquentiel qu'après l'essai simultané (30 %).

Surtout à partir des valeurs d'allongement à la rupture, il ressort que l'essai séquentiel est plus sévère que l'essai simultané.

6.6. Silicone thermodur (Figure 10)

La contrainte à la rupture diminue de 13 % pour l'essai simultané et de 25 % pour l'essai séquentiel.

L'allongement à la rupture diminue de 10 % pour les essais simultanés et de 42 % pour les essais séquentiels.

Pour ce matériau, l'essai séquentiel est plus sévère que l'essai simultané.

VII. CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent, en fonction des propriétés physiques qui sont mesurées sur neuf polymères que l'essai séquentiel conduit à une perte de propriétés physiques des polymères plus importante ou égale à celle obtenue avec l'essai simultané, à l'exception de l'Hypalon[®] dont les propriétés physiques sont plus diminuées après l'essai simultané qu'après l'essai séquentiel.

Les résultats obtenus dans cette étude sont en accord avec ceux établis par T. SEGUCHI et al du Japan Atomic Energy Research Institute et L.D. BUSTARD du Sandia National Laboratories.

La simulation d'accident effectuée de façon séquentielle dans le cadre de la qualification nucléaire de matériels, semble aller dans le sens de la sécurité.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) D. DELMAS
"Spécification pour la qualification des matériels classés IE des centrales nucléaires PWR".
Electricité de France Document HM/63 7195/5.
- (2) Salvatore P. CARFAGNO
"Equipement aging. Radiation effects and synergistic effects as related to qualification".
Qualification of safety-related equipment for nuclear power generating stations.
1981 New Orléans - San Francisco - Madrid.
- (3) F.J. CAMPBELL
"Combined environments versus consecutive exposures for insulation life studies".
IEEE Transactions on Nuclear Science Vol 11 Nov 1964, 123-9.
- (4) J. BERTHET - G. GAUSSENS - J. LAIZIER et F. LEMAIRE
Commissariat à l'Energie Atomique
"La qualification nucléaire des plastiques".
Caoutchoucs et Plastiques n° 582 - Août/Septembre 1978 PP 73 à 76.
- (5) Y. KUSAMA - S. OKADA - M. YOSHIKAWA - M. ITO - T. YAGI
Y. NAKASE - T. SEGUCHI
Japan Atomic Energy Research Institute
Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment.
"Methodology study for qualification testing of wire and cable at LOCA conditions".
USNRC Tenth water reactor safety research information meeting, October 12-15, 1982 Gaithersburg, Maryland.
- (6) Larry D. BUSTARD
"The effect of LOCA simulation procedures on ethylene propylene rubber's Mechanical and electrical properties".
Sandia National Laboratories SAND 83-1258 - October 1983.
- (7) J. CHENION - J. BERTHET - G. GAUSSENS (CEA/ORIS)
M. LE MEUR (CEA/IPSN)
"Qualification nucléaire - Résultats obtenus au C.E.A. et Programme de recherche en coopération avec la N.R.C.".
Tenth waste reactor safety research. Information meeting, October 12-15, 1982 Gaithersburg, Maryland.

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'un groupe de recherches,
le Groupe d'Etudes pour la Qualification Nucléaire (GEQN) auquel ont participé

Le CEA/DAS	MM. BRISBOIS et LE MEUR
EdF/Département Etudes et Recherches	MM. FOURNIE - PARIS - LAGARDE
EdF/Les Renardières	M. DELMAS
EdF/CEMETE	M. BEAUDOIN
FRAMATOME	MM. CHAUVIN - MEYER - Mme SILLERE

Les Sociétés :

ACOME	M. GOAVEC
AIR LB	M. BARTHOUX
ALSTHOM ATLANTIQUE	M. THIRIET
ASTRAL	M. BODAINÉ
CABLES DE LYON	MM. AGAÏSSE et MARMIGNON
CARBOLINE EUROPE - Peintures LAPPARTIENT	M. NICOLET
C.G.F.	MM. ROY et MONJARDET
CONTROLE BAILEY	M. HOMMEAU
C.E.M.	MM. LACOSTE et GRIBET
DEUTSCH	MM. LEROY et FRANCOIS
ELECTRIQUE STERLING	MM. ROSHARDT - PFISTERER
FILOTEX	M. MARECHAL
IMPERVIA	M. LE THANH
JOUVENEL & CORDIER	M. DEBAYE
JEUMONT SCHNEIDER	MM. LECOQ - MONJEAN & DUFACHEUX
LEGRAND NORMANDIE	Mlle LOUVEL - MM. BENTOT DURAND
LE JOINT FRANCAIS	MM. ANGLADE - AUBIN
LE ROY SOMER	M. CHOLET
LEVIS-SAPT	M. DEPIREUX
PLANET-WATTOHM	MM. HAAS - COUPPEGE
RIPOLIN-GEORGET-FREETAG	M. RAVINET
RHONE-POULENC	MM. BAL - MARTEL - AMYOT BAILLY
SILEC	M. ROSSIGNOL
SOLVAY	M. BARATTE

SOURIAU
THOMSON
THOMSON-BRANDT
TREFICABLE-PIRELLI
UNELEC

MM. MENDEZ - NEYMAC
M. VILLEMAGNE
MM. MORIN - MERLE
MM. SIMON - TERRAMORSI
M. RIGOULOT

Les auteurs remercient tous les membres du Groupe GEQN pour leur collaboration.

Figure 1



Photo 1 : CESAR Ensemble général
(CESAR Facility)



Photo 2 : CESAR : Cellule d'essai
(CESAR : Test cell)

Figure 2
SYNOPTIQUE

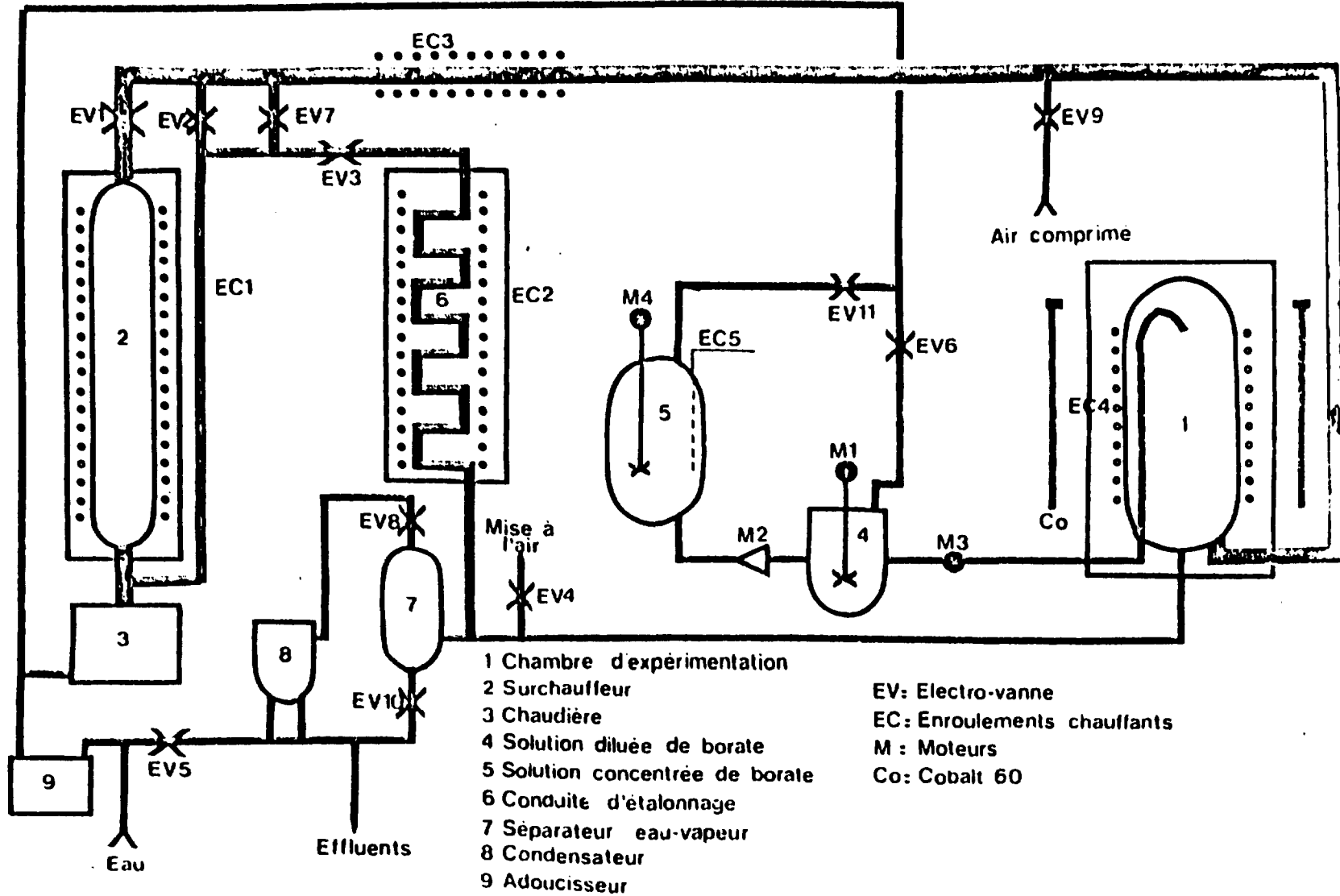


FIGURE 3

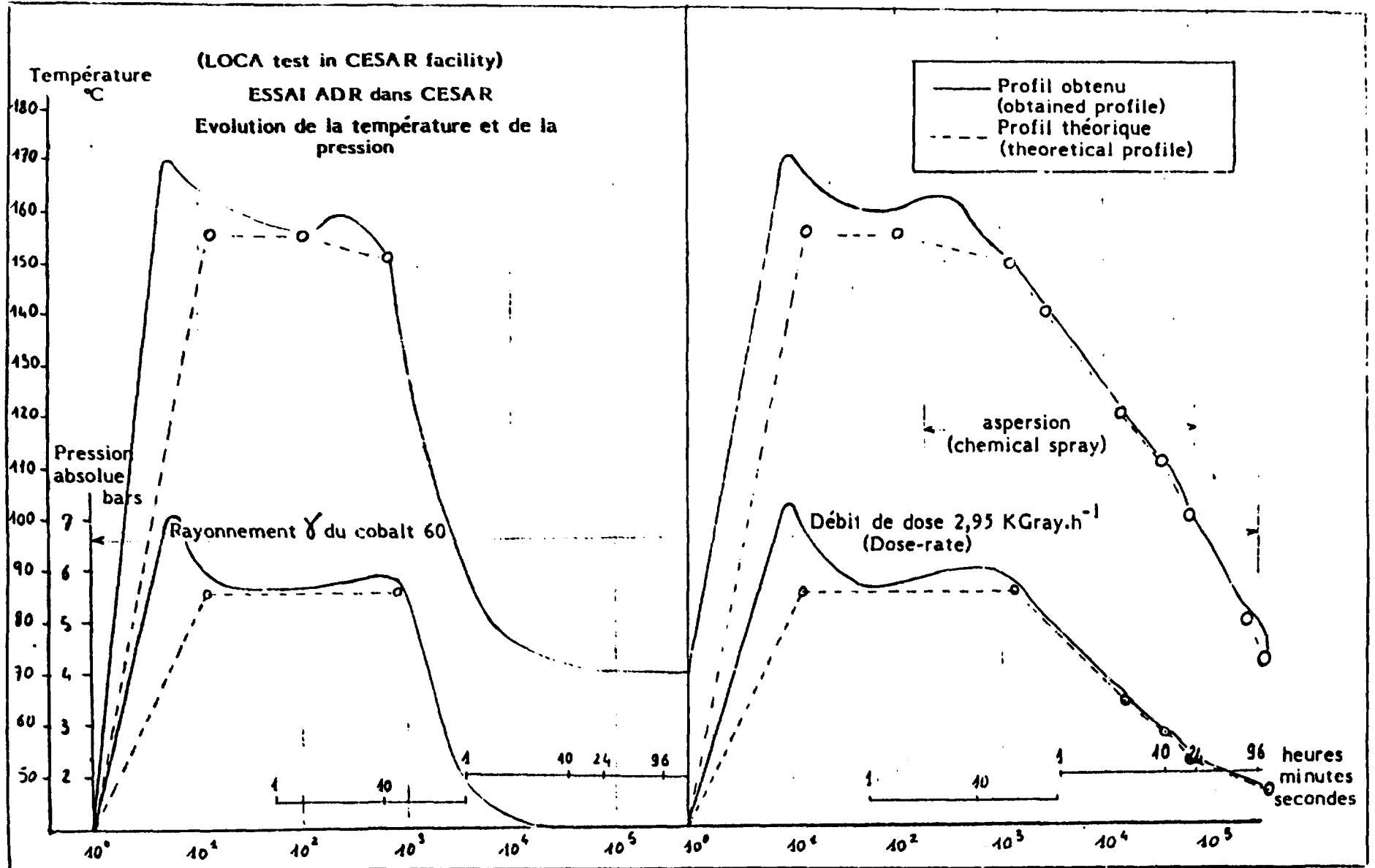


Figure 4

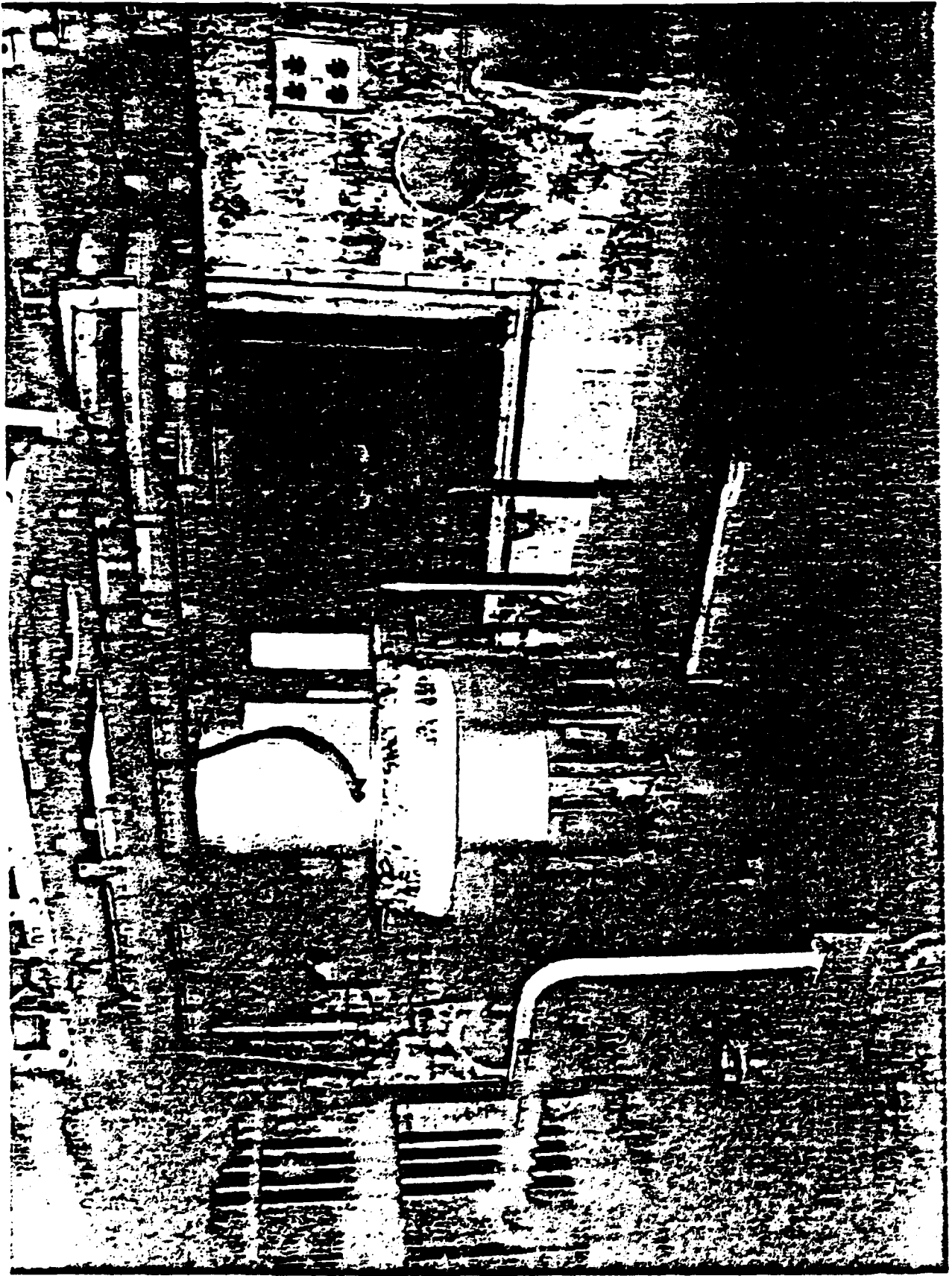


FIGURE 5

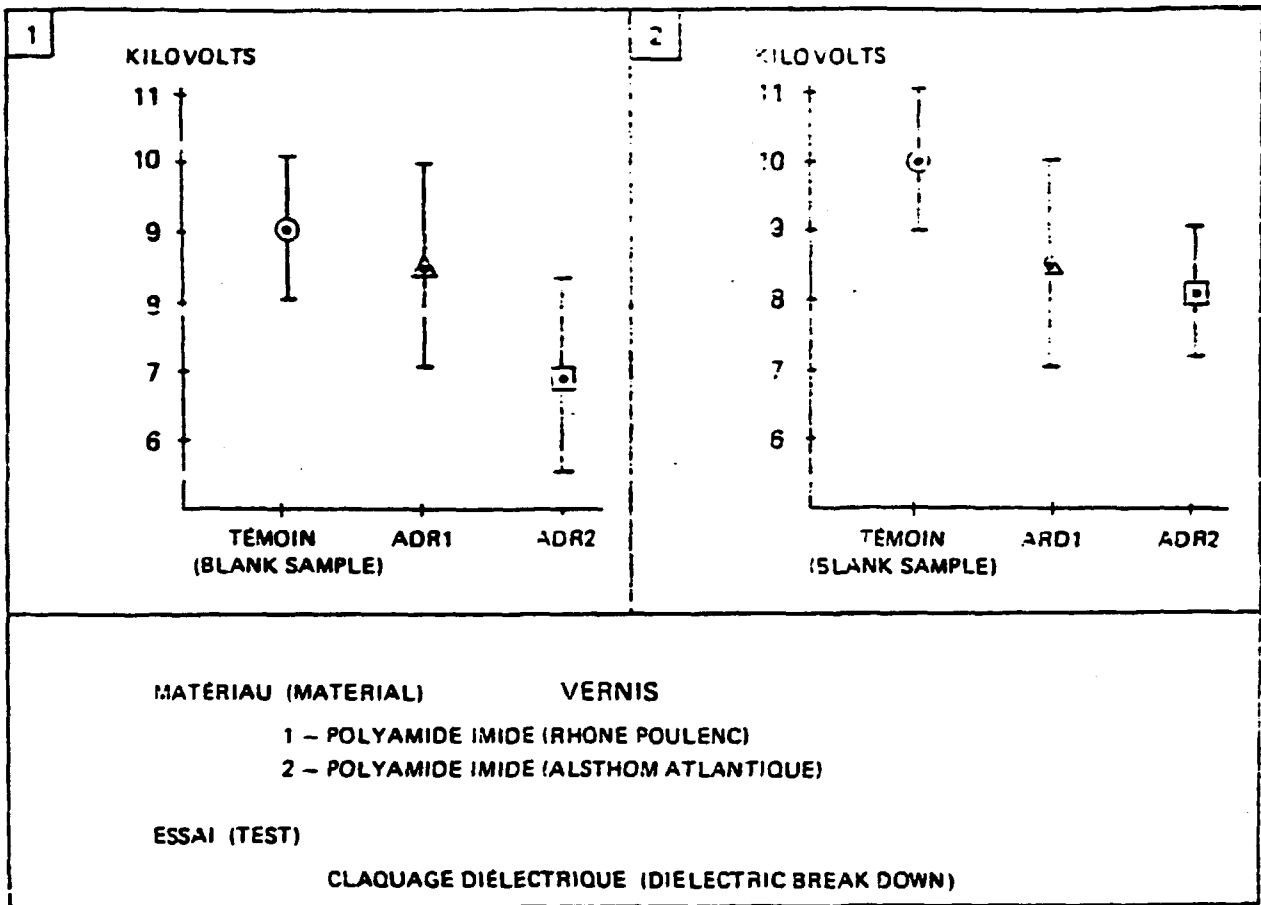


FIGURE 6

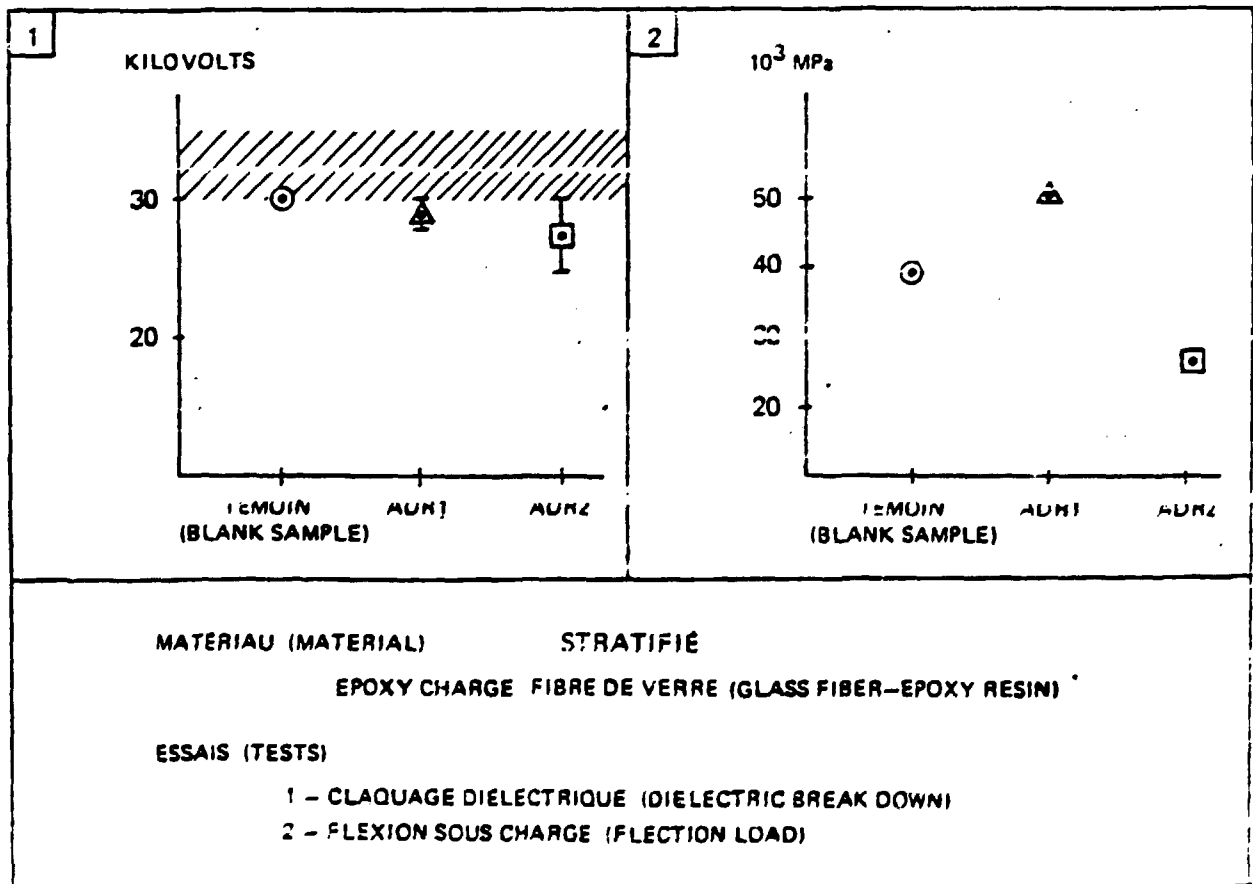
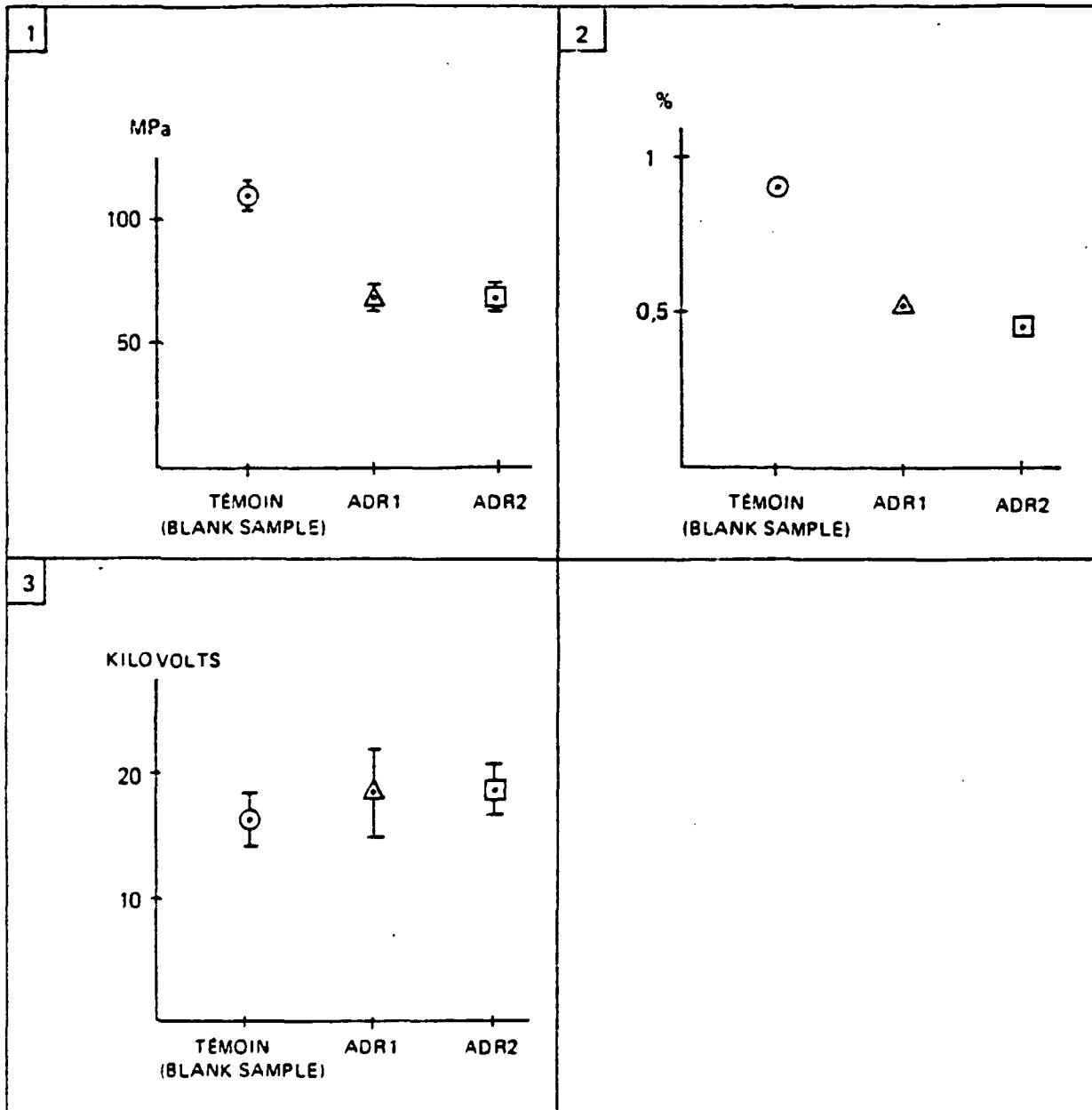


FIGURE 7



MATÉRIAU (MATERIAL)

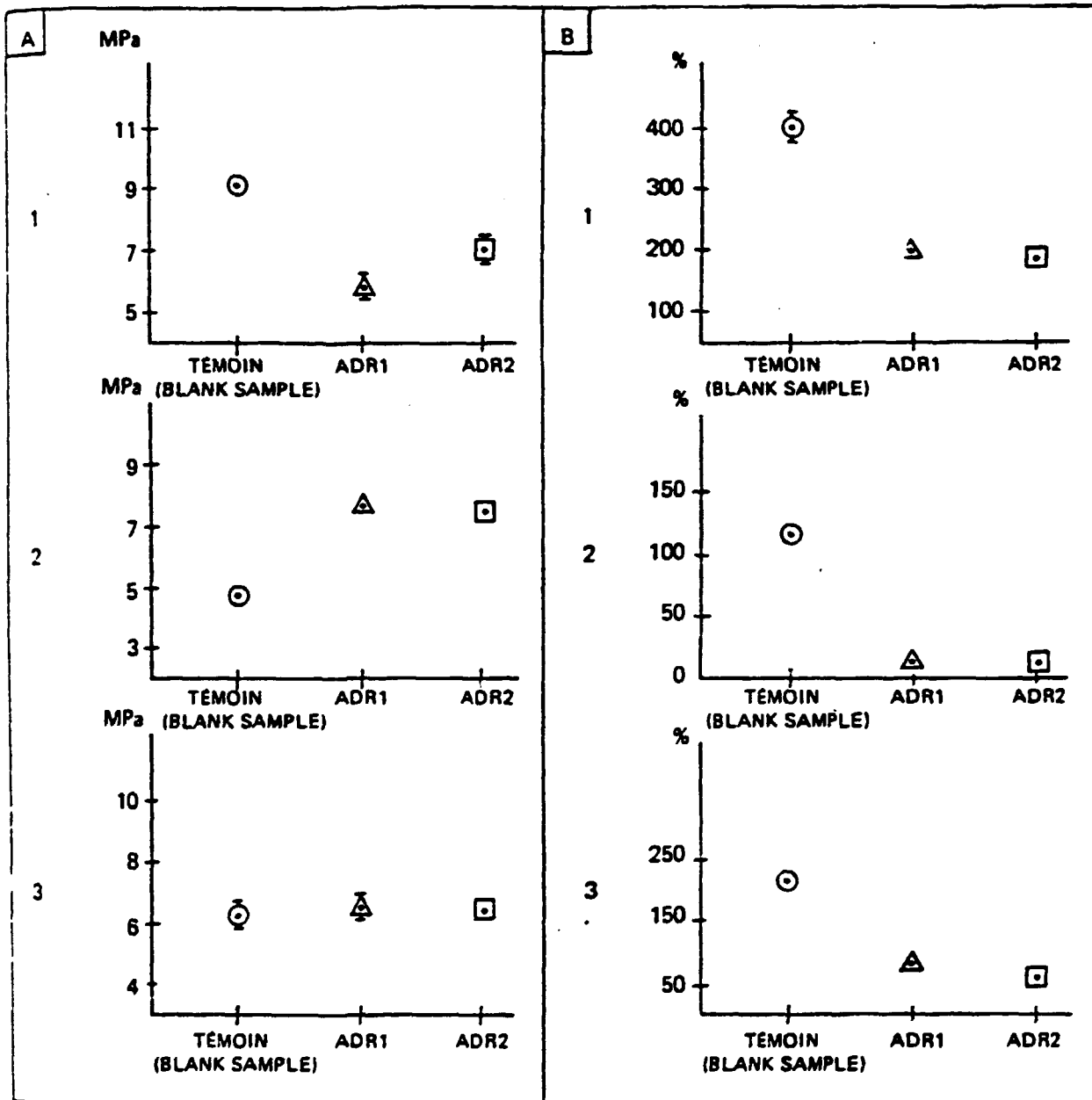
THERMOPLASTIQUE

POLYSULFURE DE PHÉNYLENE / CHARGE FIBRE DE VERRE
(GLASS FIBER - PPS)

ESSAIS (TESTS)

- 1 - CHARGE A LA RUPTURE (TENSILE STRENGTH)
- 2 - ALLONGEMENT A LA RUPTURE (ELONGATION AT BREAK)
- 3 - CLAQUAGE DIELECTRIQUE (DIELECTRIC BREAK DOWN)

FIGURE 8



MATÉRIAUX (MATERIALS)

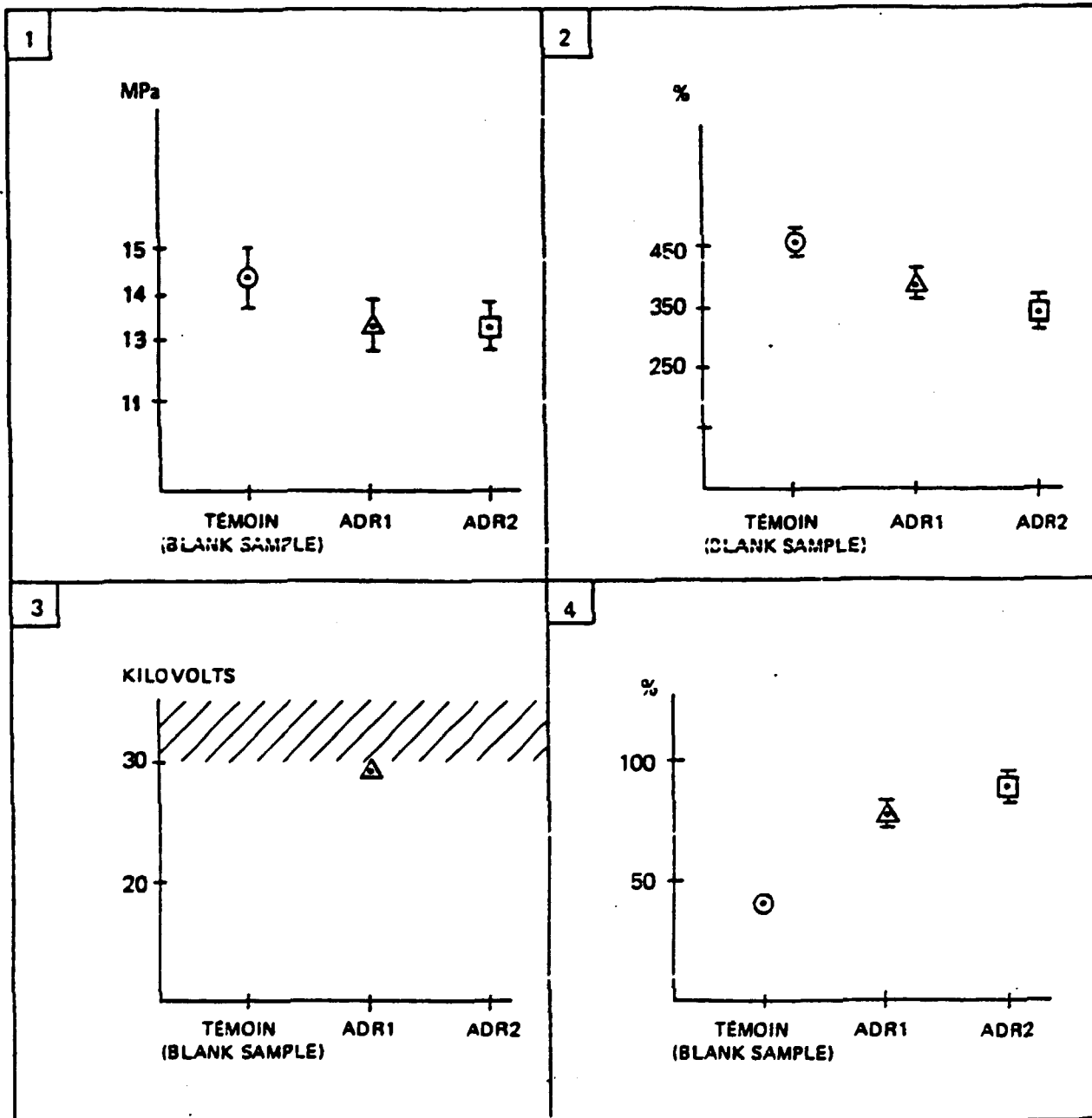
ÉLASTOMÈRES

- 1 - HYPALON[®]
- 2 - EPDM INIFUGÉ ALUMINE (FIRE-PROOF WITH ALUMINA)
- 3 - EPDM INIFUGÉ BROME (FIRE-PROOF WITH BROMIDE)

ESSAIS (TESTS)

- A - CHARGE A LA RUPTURE (TENSILE STRENGTH)
- B - ALLONGEMENT A LA RUPTURE (ELONGATION AT BREAK)

FIGURE 9



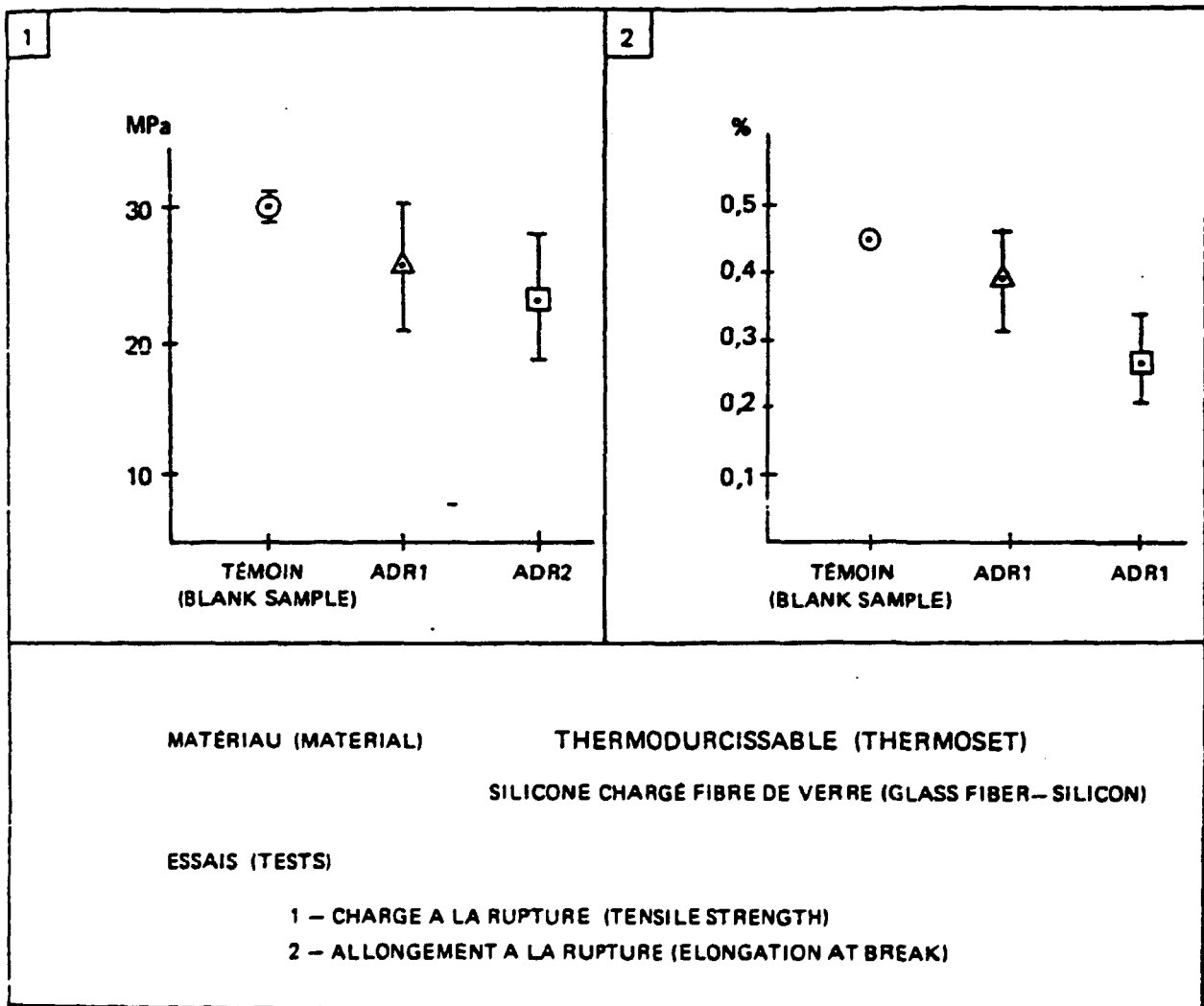
MATÉRIAU (MATERIAL)
- VAMAC®

ÉLASTOMÈRE

ESSAIS (TESTS)

- 1 - CHARGE A LA RUPTURE (TENSILE STRENGTH)
- 2 - ALLONGEMENT A LA RUPTURE (ELONGATION AT BREAK)
- 3 - CLAQUAGE DIELECTRIQUE (DIELECTRIC BREAK DOWN)
- 4 - DRC (PERMANENT SET AFTER COMPRESSION)

FIGURE 10



DESTINATAIRES

DIFFUSION CEA

M. le Haut Commissaire

DCS

IPSN

IPSN/D.SN

IPSN/D.SN : M. CANDES

M. PELCE

M. SCHMITT

DAS

SASR

SASCEL

SAF

SAER

SGNR

SAREP

BRTSN

SASICC

SASLU

SASLU/VALRHO

SASLU/SPI

SEC

SESECT

SAED

DERS Cadarache

SES Cadarache

SERE Cadarache

SIES Cadarache

SESRU Cadarache

SRSC Valduc

SEAREL

IPSN/D.Pr/FaR

DPS/FaR

DPT/FaR

UDIN/VALRHO

DEDR Saclay

DRNR Cadarache

DRE Cadarache

DER Cadarache

DEMT Saclay

DMECN/DIR Cadarache

DMECN Saclay

DTCE Grenoble

DSMN/FaR

Service Documentation Saclay

DIFFUSION HORS CEA

Secrétariat Général du Comité Interministériel de la Sécurité Nucléaire : M. AUGUSTIN

Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires : M. de TORQUAT (+ 3 ex.)

Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires - FAR

Ministère de l'Industrie, DRIR - Lyon : M. PAYEN

Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières : M. BEAUFRERE

Conseil Général des Mines : M. MEO

FRAMATOME : M. le Directeur Général

NOVATOME : M. le Directeur Général

TECHNICATOME : M. le Directeur Général

TECHNICATOME : Service Documentation

EDF / Etudes et Recherches

EDF / SEPTEN (2 ex.)

EDF / SPT

M. SCHNURER - Bundes Ministerium des Innern - BONN (RFA)

M. KREWER - Bundes Ministerium für Forschung und Technologie - BONN (RFA)

M. BIRKHOFFER - Technische Universität München - GARCHING (RFA)

M. KELLERMAN - Gesellschaft für Reaktorsicherheit - KOLN (RFA)

M. LEVEN - Gesellschaft für Reaktorsicherheit - KOLN (RFA)

M. LAFLEUR - U.S.N.R.C. - WASHINGTON (E.U.)

M. MINOGUE - U.S.N.R.C. - WASHINGTON (E.U.)

M. KINCHIN - U.K.A.E.A. - Safety and Reliability Directorate - RISLEY (G.B.)

M. HANNAFORD - Nuclear Installations Inspectorate - LIVERPOOL (G.B.)

M. ALONSO - Junta de Energia Nuclear - MADRID (ESPAGNE)

M. PERELLO - Consejo de Seguridad Nuclear - MADRID (ESPAGNE)

M. CARLBOM - Department of Safety and Technical Services - NYKOPING (SUEDE)

M. NASCHI - Direttore Centrale della Sicurezza Nucleare e della Protezione Sanitaria
ROMA (ITALIE)

M. TANIGUCHI - MITI (JAPON)

M. ISHIZUKA - Science & Technology Agency - Nuclear Safety Bureau (JAPON)

M. TAMURA - Science & Technology Agency - Nuclear Safety Bureau (JAPON)

M. KATSURAGI - 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 aux Japon)

M. WUSTNER (Attaché près de l'Ambassade de France en RFA)