



INSTRUCTION DE SÉCURITÉ SAFETY INSTRUCTION

Obligatoire selon SAPOCO/42

IS41
Rév. 1

Publié par : SC-GS

Date de révision : novembre 2005

Original : anglais

L'emploi de matières plastiques* et d'autres matières non-métalliques au CERN en fonction de leur sécurité au feu et de leur résistance aux radiations

Sommaire

1	Introduction	1
2	Considérations d'ordre général	1
3	Champ d'application	2
4	Le problème	2
5	Propriétés que doivent posséder les matières plastiques et les autres matières non métalliques	3
6	Critères pour les spécifications et la sélection des matières plastiques et des autres matières non métalliques	4
6.1	Normes applicables	4
6.2	Comportement au feu	4
6.2.1	<i>Classification du comportement au feu des matériaux, éléments et composants de construction</i>	4
6.2.2	<i>Classification des comportements au feu des matières plastiques d'usage général, y compris pour les détecteurs de particules et les équipements auxiliaires</i>	5
6.3	Densité des fumées	6
6.4	Toxicité des gaz de combustion	6
6.5	Corrosivité des gaz de combustion	6
6.6	Essai au calorimètre conique	6
6.7	Résistance aux rayonnements	7
7	Acquisition des matériaux	7

* Le terme «*matière plastique*», tel qu'utilisé dans le présent document, désigne tous les polymères thermodurcissables et thermoplastiques et les élastomères. Ces termes sont définis dans le glossaire (Annexe 3).

Annexe 1	12
Directives pour l'emploi des matières plastiques au CERN	
Remarques concernant le feu	
Annexe 2	26
Noms commerciaux et abréviations	
Annexe 3	30
Glossaire des termes	
Annexe 4	35
Normes	

1 Introduction

La présente Instruction de sécurité est publiée par la Commission de sécurité selon la procédure définie dans le document sur la politique de sécurité au CERN SAPOCO/42 et en application des Statut et Règlement du personnel du CERN. Elle constitue une mise à jour de la Note de sécurité n° 11, qu'elle remplace, et s'appuie sur :

- le Code CERN E de protection contre l'incendie ;
- les normes et les publications de la CEI et d'autres organisations reconnues sur le plan national ou international ;
- l'Instruction de sécurité n° 23 du CERN (critères pour le choix des câbles électriques) ;
- les recommandations du Groupe de travail interdivisionnaire sur les matériaux et les câbles concernant les propriétés de résistance au feu et aux radiations.

Elle est complétée par l'annexe 1 «Directives pour l'emploi des matières plastiques au CERN : remarques concernant le feu», l'annexe 2 «Noms commerciaux et abréviations», l'annexe 3 «Glossaire des termes» et l'annexe 4 «Normes». Ces annexes ont pour objet d'aider l'utilisateur à choisir des matériaux appropriés, en évitant ceux qui sont proscrits.

N.B. Ces annexes seront mises à jour au gré des besoins.

La présente Instruction a pour objet d'apporter une sécurité de très haut niveau. Elle doit être appliquée pour toutes les nouvelles installations au CERN, ainsi que pour les modifications aux installations existantes. Le CERN estime que la plus grande vigilance s'impose pour les dangers associés à la densité, la toxicité et la corrosivité des fumées provenant de la combustion de matières plastiques.

2 Considérations d'ordre général

L'emploi des matières plastiques s'est énormément développé au cours des 50 dernières années, non seulement pour les biens de consommation (p. ex. meubles, revêtements des murs et des sols, etc.), mais aussi pour les produits industriels (p. ex. isolation des câbles, tubes, conduites, matériaux isolants, éléments de construction, etc.). L'utilisation accrue de ces matières s'est accompagnée d'une augmentation sensible de la gravité des incendies et, en particulier, du nombre de décès et de l'importance des dégâts matériels en raison de la densité, de la toxicité et de la corrosivité des fumées dégagées.

Le CERN a connu un certain nombre d'incendies, lors desquels de graves dégâts matériels ont été occasionnés, en particulier du fait de l'acide chlorhydrique dégagé par des câbles isolés avec du PVC. Dans le monde entier, de nombreux incendies se

sont produits dans des installations industrielles, où le principal dégât a été la corrosion entraînée par les gaz de combustion acides.

Étant donné que les tunnels des accélérateurs sont devenus plus longs, qu'ils sont désormais implantés à de plus grandes profondeurs et que les voies d'évacuation sont devenues plus compliquées, le personnel peut y être exposé aux fumées d'un incendie pendant des périodes sensiblement plus longues que dans les installations de surface, en sorte qu'on **doit** tout mettre en oeuvre pour utiliser des matériaux qui ne brûlent pas facilement et qui dégagent des fumées de faible densité optique, peu corrosives et peu toxiques.

À l'évidence, si le matériau doit présenter des caractéristiques acceptables pour la sécurité, il doit aussi convenir des points de vue mécanique et chimique, être résistant à l'environnement où il sera installé (p. ex. aux rayonnements ionisants) et être disponible en quantités suffisantes et à un prix tel que son utilisation soit économiquement acceptable.

3 Champ d'application

La présente Instruction de sécurité a pour objet de fournir des critères pour le choix de matières plastiques destinées à être utilisées au CERN, en tenant compte de leur comportement général en cas d'incendie, en particulier du point de vue de la densité optique, de la corrosivité et de la toxicité des fumées qu'elles dégagent, ainsi que de leur résistance aux radiations.

Cette Instruction s'applique à l'ensemble des équipements ou installations réalisés en matières plastiques ou comportant des quantités appréciables de ces produits. Elle revêt une importance particulière dans les zones d'expérimentation et toutes les zones souterraines. Elle ne s'applique pas aux petits objets (boutons, poignées, galets, joints, attaches, pinces, rondelles, bandes de protection, poulies ou petites pièces électriques) qui ne contribueraient pas de manière sensible aux émissions de fumées ou de gaz toxiques ou corrosifs. Il convient également de se rapporter à l'annexe IV du Code E de protection contre l'incendie du CERN, intitulée «Normes de sécurité relatives au mobilier et au contenu général des locaux et des bâtiments» dans les cas où cela se justifie.

4 Le problème

Toutes les matières plastiques, voire toutes les substances contenant du carbone (y compris le bois, la laine et d'autres matériaux naturels), dégagent du monoxyde de carbone (CO) sous l'effet du feu. Il a été démontré que l'inhalation de ce gaz est la cause principale de mort lors d'incendie. Les matières plastiques halogénées, telles que le PVC, le polychloroprène (Néoprène®) et les PTFE (Teflon®), outre qu'elles produisent du CO, dégagent des fumées irritantes, épaisses, acides et souvent haute-

ment narcotiques, dont l'effet est que des personnes prises dans un incendie risquent d'être exposées à des concentrations de CO pendant plus de temps qu'en présence de gaz moins narcotiques et, en fait, suffisamment longtemps pour en mourir. Les retardateurs de combustion halogénés utilisés pour améliorer la résistance au feu de certaines matières plastiques, telles que le polyéthylène et le polypropylène, leur donnent les mêmes propriétés indésirables.

D'autres matières plastiques exemptes d'halogènes dont il a été montré qu'elles produisaient des fumées épaisses, toxiques et corrosives sont les acrylonitriles, les copolymères acrylonitriles styrène butadiène (ABS) et les polyuréthanes, en particulier les mousses à base de ceux-ci. Les matières plastiques comportant des composés organo-phosphoreux comme retardateurs d'inflammation peuvent également poser des problèmes du fait que de l'acide phosphorique corrosif s'en dégage, ce à quoi s'ajoute que le retardateur de combustion non modifié peut lui-même être toxique.

Les matières plastiques peuvent également comporter du soufre, soit comme composant du monomère (p. ex. les polyéthers sulfone et le sulfure de polyphénylène), soit comme agent durcisseur ou de vulcanisation. Lors d'un incendie, les fumées contiendront du dioxyde de soufre et de l'anhydride sulfurique, des gaz qui, outre qu'ils sont toxiques et hautement irritants, se condensent sur les surfaces froides, avec de la vapeur d'eau, pour former de l'acide sulfureux et de l'acide sulfurique extrêmement corrosifs.

5 Propriétés que doivent posséder les matières plastiques et les autres matières non métalliques

Tous les types de matières plastiques et les autres matières non métalliques doivent répondre aux exigences suivantes :

- posséder des propriétés de résistance mécaniques, chimiques, thermiques et à l'environnement convenant pour l'application désirée et conformes aux normes pertinentes ;
- avoir un comportement au feu (difficulté d'inflammation, vitesse de propagation des flammes, rapidité d'émission de la chaleur, etc.) satisfaisant selon les normes spécifiées ;
- être exempts d'halogènes et de soufre ;
- ne dégager que des gaz de combustion de faible densité ;
- faible toxicité des gaz de combustion ;
- faible corrosivité des gaz de combustion ;
- avoir une résistance aux radiations appropriée.

Il convient de noter que les exigences de la présente Instruction de sécurité proscrivent l'emploi de nombreuses matières plastiques. Celles-ci comprennent le polychlorure de vinyle (PVC), le polyéthylène chlorosulfoné (Hypalon®), le polychloroprène (Neoprène®), les matières plastiques fluorées (Teflon®) et celles qui contiennent des retardateurs de combustion halogénés. Elles proscrivent aussi les caoutchoucs naturels ou synthétiques contenant du soufre comme agent de vulcanisation.

6 Critères pour les spécifications et la sélection des matières plastiques et des autres matières non métalliques

6.1 Normes applicables

Lorsque la chose est possible, il convient de se conformer aux normes acceptées sur le plan international. À défaut, les normes nationales peuvent être appliquées, ce qui peut toutefois poser le problème de leurs équivalences ; en cas de conflit d'interprétation, la Commission de sécurité tranchera en dernier ressort. Les normes sont décrites dans cette section et sont récapitulées dans le tableau 1. Une liste des laboratoires indépendants en mesure d'effectuer des essais spécifiés est donnée dans le tableau 2.

6.2 Comportement au feu

6.2.1 *Classification du comportement au feu des matériaux, éléments et composants de construction*

La classification du comportement au feu des matériaux et composants de construction varie selon les pays. Bien que les «philosophies du feu» diffèrent d'un pays à l'autre à certains égards, elles s'appuient sur les mêmes concepts. Les matériaux de construction se répartissent généralement en quatre niveaux de contribution au feu :

- minimal
- faible
- normal
- élevé.

Le niveau minimal (nul ou très faible) de contribution au feu des matériaux de construction est généralement établi, dans les divers pays, à la suite d'un essai de combustibilité s'appuyant sur les normes internationales. Le niveau de «contribution minimale au feu» connaît lui-même des subdivisions dans certains pays, comme l'Allemagne et la Suisse, afin de permettre de différencier les matériaux de construction totalement inorganiques de ceux qui ont une composition faiblement orga-

nique (généralement < 1 %) tels que les panneaux en fibres minérales contenant des liants.

Les niveaux «faible», «normal» et «élevé» de contribution au feu d'un matériau de construction permettent d'évaluer son comportement au début d'un incendie. Les matériaux contribuant faiblement au démarrage d'un feu commencent généralement à y participer lors d'une phase ultérieure de l'incendie. Ceux qui apportent une contribution normale au feu résistent à des sources d'inflammation de moyenne ou faible intensité pour une courte durée (de l'ordre de quelques minutes) et ceux qui apportent une contribution élevée s'enflamment sous l'effet de pratiquement n'importe quelle source d'inflammation et leur utilisation en tant que matériaux de construction est donc interdite. De nombreux systèmes nationaux de classification comportent des classes intermédiaires afin de permettre une différenciation plus claire entre les matériaux.

Le tableau 3 présente la classification des comportements au feu des matériaux de construction par diverses réglementations nationales en la matière en fonction des quatre niveaux de contribution au feu décrits ci-dessus ; il faut toutefois être conscient que toute comparaison stricte est impossible et que les normes spécifiques devraient être consultées avant d'opérer un choix quelconque.

Il convient de noter que les appréciations données n'ont aucun sens si elles ne s'accompagnent pas des mentions du niveau et de l'essai spécifique ayant permis la classification, comme dans l'exemple suivant : «faible contribution au feu, classification allemande B1». **Un matériau ne devrait jamais être accepté sur la base d'une description sans avoir fait l'objet d'une classification selon une norme acceptée.**

Seuls les matériaux de construction ayant un niveau «minimal» ou «faible» de contribution au feu, selon les indications du tableau 3, seront acceptés (voir également le Code de sécurité E du CERN–Protection contre l'incendie).

6.2.2 *Classification des comportements au feu des matières plastiques d'usage général, y compris pour les détecteurs de particules et les équipements auxiliaires*

L'utilisation des matières plastiques pour la construction de détecteurs de particules s'est très fortement accrue en raison des propriétés appréciables de ces matières, telles que la facilité de construction, des coûts relativement modiques et un rapport solidité/poids élevé. Pour un premier examen des matériaux envisageables, les essais CEI 60695-11-10 ou UL 94V s'avèrent très utiles et peuvent s'effectuer au CERN. En outre, des tests spécifiques peuvent être effectués ou pris en compte en fonction de la forme du matériau (p. ex. tube, tôle, etc.). Les produits finis peuvent être testés selon l'essai au brûleur-aiguille, CEI 60695-2-2.

6.3 Densité des fumées

Des échantillons des matériaux proposés pour les bâtiments et les installations d'expérimentation doivent être soumis à des essais conformes à la norme ASTM E 662 ou ISO 5659-2 et la valeur de la densité optique spécifique, D_s , ne doit pas excéder 250, aussi bien dans le test avec flamme que dans le test sans flamme.

Lorsqu'il est nécessaire d'utiliser de très importantes quantités de matériaux particuliers ou de mélanges de matériaux, la Commission de sécurité peut exiger que la densité des fumées soit évaluée au moyen d'autres essais plus étendus, par exemple en adaptant l'essai à grande échelle CEI 61034 sur l'émission des fumées pour les câbles.

6.4 Toxicité des gaz de combustion

La norme CEI 60695-7, parties 50 et 51 sera appliquée. Le principe consiste à calculer la dose effective fractionnelle de produits toxiques accumulés durant l'exposition aux émanations d'un feu.

Tous les résultats doivent être analysés en collaboration avec la Section Chimie, gaz et hygiène industrielle de la Commission de sécurité du CERN.

6.5 Corrosivité des gaz de combustion

Toutes les matières plastiques doivent satisfaire à la norme CEI 60754-2 et avec un $\text{pH} > 4,3$ et une conductivité $< 100 \mu\text{S}/\text{cm}$.

6.6 Essai au calorimètre conique

L'essai au calorimètre conique (ISO 5660) est à présent l'une des méthodes les plus pointues pour évaluer le comportement au feu d'un matériau sur une échelle relativement grande. Les mesures de la densité des fumées et de la production de gaz toxiques peuvent être réalisées pendant l'essai. Il permet également d'évaluer l'émission de chaleur dans le temps et de comparer le comportement au feu de différents matériaux en mesurant de tels paramètres.

La Section Chimie, gaz et hygiène industrielle de la Commission de sécurité du CERN peut demander que ce test soit réalisé pour évaluer la performance d'un matériau lorsqu'il est utilisé en grande quantité (tonnages p. ex.) ou que le risque d'incendie est considéré élevé.

Les conditions d'essai doivent être définies avec la Commission de sécurité qui rendra ses conclusions une fois les résultats de l'essai reçus.

6.7 Résistance aux rayonnements

La résistance aux rayonnements et l'indice de rayonnement sont évalués selon la norme CEI 60544-4.

Cette norme préconise les propriétés critiques suivantes :

- pour les matières plastiques rigides : la résistance maximale à la flexion ;
- pour les matières plastiques souples et les élastomères : le pourcentage d'allongement à la rupture.

Le critère de point limite peut être exprimé sous forme de valeur absolue ou de pourcentage de la valeur initiale, p. ex. 50 %.

L'indice de rayonnement (IR) est le logarithme ($\log 10$) de la dose absorbée en grays (Gy), arrondi à deux chiffres significatifs, au-dessus de laquelle la valeur de la propriété critique adéquate a atteint le critère de point limite dans les conditions spécifiées. Par exemple, un matériau satisfaisant à un point limite particulier à 2×10^4 Gy a un indice de rayonnement (IR) de 4,3 (soit le $\log 2 \times 10^4 = 4,301$).

La valeur de l'IR sera fixée en fonction de l'application.

La Commission de sécurité du CERN peut prendre des dispositions pour permettre la réalisation des essais d'irradiation.

7 Acquisition des matériaux

Les matériaux satisfaisant aux exigences de la présente Instruction de sécurité peuvent être obtenus à quasiment toutes les fins dans les États membres. Les spécifications techniques pour les produits dont on sait ou suspecte qu'ils contiennent des matières plastiques doivent être rédigées clairement pour garantir que le matériel livré possède les propriétés requises. La présente Instruction ou au moins le tableau 1 doit être joint aux demandes d'offres si cela est jugé utile.

Les dérogations ne peuvent être autorisées que par le chef de la Commission de sécurité et qu'à la condition que des mesures compensatoires de prévention aient été étudiées et convenues.

Tableau 1 : Normes et spécifications pour la sélection des matières plastiques

Essai	Norme (1)	Caractéristiques requises
Propagation de la flamme		
a) Essai au brûleur-aiguille	CEI 60695-2-2	Durée d'application de la flamme : 60 s sauf mention contraire selon le point 5. Temps écoulé jusqu'à l'extinction : 30 s* Mesurer la longueur de la zone détériorée (mm)*
b) Essai d'inflammabilité générale	UL 94V CEI 60695-11-10	94 V0, 94V1
Ou essai d'inflammabilité pour :		
– films/feuilles plastique	ISO 12992	} Les résultats des essais doivent être acceptables pour la section SC-GS-GC.
– tuyaux caoutchouc et plastique	ISO 8030	
– plastiques alvéolaires	ISO 9772	
– gaines thermorétractables	UL 224 (essai de flamme)	L'échantillon ne doit pas brûler pendant plus de 60 s après l'un des cinq essais de flamme de 15 s.
Densité des fumées	ASTM-E-662 ou ISO 5659-2	$D_s < 250$ pour les modes avec flamme ou sans flamme
Toxicité Toxicité des gaz de combustion	CEI 60695-7 50 et 51	Les conditions de l'essai sont à convenir avec la SC et les résultats doivent être acceptables pour toutes les parties concernées.
Corrosivité Corrosivité des gaz de combustion	CEI 60754-2	pH > 4.3 conductivité < 100 $\mu\text{S/cm}$
Résistance aux radiations	CEI 60544 Parties 2 et 4	À la dose spécifiée, les plastiques rigides doivent conserver 50 % de la valeur initiale de leur résistance à la flexion, et les plastiques souples et les élastomères doivent conserver 50 % de la valeur initiale de leur élongation à la rupture.

* Le fabricant doit fournir dans son offre les détails complets et les valeurs numériques.

(1) **Normes** (D'autres normes ISO, CEI, internationales ou nationales peuvent être envisagées en accord avec le CERN, elles seront choisies de préférence parmi les méthodes d'essai énumérées dans la section 5 et l'annexe A de la norme CEI 695-3-1 ou dans le manuel de sécurité CEI.)

Tableau 2 : Une sélection de laboratoires indépendants en mesure d'effectuer des essais sur la résistance au feu, les fumées et la toxicité

1. FRS, BRE
Garston Watford WD 259 XX UK
Tel: +44 (0) 1923 664982 Fax: +44 (0) 1923 664910 Web: www.bre.co.uk

2. Warrington Fire Research Centre
Holmesfield Road Warrington Cheshire WA1 2DS UK
Tel: +44 (0)1925 655 116 Fax: +44 (0)1925 655 419 Web: www.wfrc.co.uk

3. Laboratoire National d'Essai
LNE TRAPPES-ELANCOURT ZA de Trappes-Élancourt 29, avenue Roger Hennequin F-78197 TRAPPES Cedex France
Tel: +33 (0)1 30 69 10 00 Fax: +33 (0)1 30 69 12 34 Web: www.lne.fr

4. Laboratoire Central des Industries Electriques
33, avenue du General Leclerc F-92260 Fontenay-Aux-Roses France
Tel: +33 (0)1 40 95 60 60 Fax: +33 (0)1 40 95 60 95 Web: www.lcie.fr

5. ISSEP
200 rue du Chera B-4000 Liège Belgium
Tel: + 32 41 229 83 11 Fax: + 32 41 252 46 65 Web: www.issep.be

6. Kema

Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem
P.O.Box: 9035, 6800 ET Arnhem
The Netherlands

Tel: +1 7036316912
Fax: +1 7036314119
Web: www.kema.nl

7. VDE

Testing and Certification Institute
Merianstrasse 28
63069 Offenbach
Germany

Tel: + 49 69 83 06 0
Fax: + 49 69 83 08 555
Web: www.vde-institute.com

8. Danish Institute of Fire and Security Technology

Jernholmen 12
DK-2650 Hvidovre
Denmark

Tel: +45 36349000
Fax: +45 36349001
Web: www.dift.dk

**Tableau 3 : Classification des niveaux de résistance au feu
des matériaux de construction dans divers pays¹⁾**
(Tiré du document “International Plastics Flammability Handbook”
troisième édition, publié par J. Troitzsch, Hanser–Munich, 2004)

Contribution au feu du matériau de construction	Minimale	Faible	Normale	Élevée
Union européenne	A1/A2	B/C	D	E/F
Autriche	A	B1	B2	B3
Allemagne	A1/A2	B1	B2	B3
France	M0	M1/M2	M3	M4
Royaume-Uni	0	1	2/3	4
Italie	0	1	2/3	4/5
Norvège	nc*	A20	A30	
Pays-Bas	nc*	1	2/3	4/5
Suisse	VI/VIq	V	IV	III/II/I
Belgique	A0	A1/A2	A3	A4
Espagne	M0	M1/M2	M3	M4
République Tchèque	A	B	C1/C2	C3
Suède	nc*	1	2	
Danemark (1)	nc*	A (1)	B (2)	
États-Unis d'Amérique (2)	nc*	A (I)	B (II)/C (III)	

* nc = non combustible

(1) Classes 1, 2 pour les revêtements

(2) Classes A, B, C ou I, II, III pour les revêtements d'après le *Model Building Code*

¹⁾ Voir Instruction de sécurité IS41 : L'emploi de matières plastiques et autres matières non métalliques au CERN en fonction de leur sécurité au feu et de leur résistance aux radiations

Annexe 1

Directives pour l'emploi des matières plastiques au CERN Remarques concernant le feu

1 Introduction

Il est impossible de proscrire certaines matières plastiques et d'en accepter d'autres sans réserve en quantité quelconque car cette solution, qui aurait le mérite de la simplicité, serait trop restrictive dans certains cas et peut-être trop dangereuse dans d'autres. Les présentes directives ont pour objet d'aider les utilisateurs à choisir des matériaux susceptibles de convenir pour être utilisés au CERN. Ce document se devant d'être bref, il est nécessaire, avant de choisir un matériau quelconque, d'obtenir des informations plus complètes.

Les propriétés de résistance mécaniques, électriques et chimiques des matériaux ne sont pas mentionnées ici car elles varient considérablement en fonction de la qualité du polymère et des modifications apportées, comme p. ex. l'adjonction d'une charge (matière de remplissage). Il convient de se renseigner sur ces points auprès du fournisseur. La Commission de sécurité dispose cependant de suffisamment d'informations pour permettre d'effectuer une sélection préliminaire. Elle peut en outre indiquer les fournisseurs des matériaux de base et donner des renseignements sur la possibilité de traitement et sur les coûts relatifs de la matière plastique de base.

Les termes utilisés pour indiquer le niveau de contribution à un feu d'un matériau — «minimal», «faible», «normal» et «élevé» — sont définis dans la section 6.2.1 de la présente Instruction de sécurité.

Des informations sur la résistance aux radiations des matériaux peuvent être trouvées dans les «rapports jaunes» du CERN 79-08, 82-10, 85-02 et 89-12.

2 Matériaux

Il convient de noter que les exigences de la présente Instruction de sécurité proscrivent l'emploi de nombreuses matières plastiques qui ont été couramment utilisées jusqu'ici. Celles-ci comprennent le polychlorure de vinyle (PVC), le polyéthylène chlorosulfoné (Hypalon®), le polychloroprène (Neoprène®), les matières plastiques fluorées (Teflon®) et celles qui contiennent des retardateurs de combustion halogénés. Elles proscrivent aussi les caoutchoucs naturels ou synthétiques contenant du soufre comme agent de vulcanisation.

2.1 Matières plastiques renforcées avec des fibres

2.1.1 Résines polyesters standard

Ces matériaux sont les plus largement employés de la catégorie et peuvent être adaptés pour apporter une «faible» contribution au feu. Cette adaptation peut cependant prendre la forme de l'incorporation d'oxyde d'antimoine ou d'additifs organiques halogénés retardateurs de combustion, auquel cas le produit final émet des fumées denses, toxiques et corrosives lors d'incendies et ne peut pas être accepté pour être utilisé au CERN. Si de l'hydroxyde d'aluminium est utilisé comme agent ignifuge, le matériau apportera probablement une «faible» contribution au feu et dégagera des fumées de densité, toxicité et corrosivité suffisamment faibles pour permettre son emploi à grande échelle.

Le revêtement de surface (gel coat) utilisé fréquemment sur ce type de matériaux peut être une importante source de fumées et de vapeurs et, en conséquence, rendre leur emploi inacceptable. Dans ce cas, il convient de renoncer à ce revêtement de surface ou d'appliquer un autre produit de revêtement après le moulage.

2.1.2 Résines phénoliques (PF)

Ces résines peuvent être adaptées pour apporter une «faible» contribution au feu. La densité des fumées qu'elles émettent est plus faible que celle des meilleures résines polyesters renforcées avec de l'hydroxyde d'aluminium. Elles dégagent le plus souvent de petites quantités de vapeurs toxiques et corrosives, principalement des oxydes de soufre, mais de niveau généralement faible. Les revêtements de surface en polyester, souvent utilisés, sont susceptibles d'augmenter terriblement les émissions de vapeurs et devraient donc être évités. Des résines de revêtement décoratives ayant un comportement au feu satisfaisant ont été mises au point.

Ces résines phénoliques doivent subir un traitement complet après durcissement pour acquérir les propriétés requises en cas d'incendie. L'agent de durcissement et les procédés de fabrication affectent le comportement au feu du produit fini.

2.1.3 Résines furanniques

Ces résines peuvent être adaptées pour apporter une «faible» contribution au feu. Cependant, les matériaux de base sont de couleur noire, dégagent des quantités importantes de vapeurs toxiques et corrosives en cas d'incendie et sont donc peu susceptibles d'être utilisées au CERN.

2.1.4 Résines époxydes (EP)

Certaines résines de ce type, comme celles à base de Bisphénol A, dégagent des fumées denses en cas d'incendie. Les résines à base de Novolac émettent des fumées moins denses mais il convient qu'il en soit de se montrer très vigilant lors du choix de résines époxydes car des composés organiques halogénés (et en particulier les bromés) sont souvent utilisés comme retardateurs de combustion, ce

qui augmente terriblement la densité, la toxicité et la corrosivité des fumées dégagées lors d'un incendie.

Les matériaux de base pour la fabrication de cartes de circuits imprimés et de cartes de circuits imprimés finies sont à présent disponibles sans adjonction de retardateurs de combustion bromés. Certains de ces matériaux de remplacement ont un meilleur comportement au feu (p. ex. peu de fumée, faible corrosivité des vapeurs de combustion) que les matériaux standard FR-4 («bromés») et devraient être utilisés de préférence dès que possible. Une liste des fournisseurs de ces autres matériaux non bromés peut être obtenue auprès de SC-GS-GC.

2.1.5 *Autres résines*

Certains thermoplastiques peuvent être renforcés avec des fibres. Leurs propriétés en cas d'incendie sont alors semblables à celles du matériau de base mais ils ne connaissent pas un emploi aussi répandu que les résines susmentionnées. Le renforcement par fibres empêche l'écoulement fuyant devant le feu du plastique et inhibe ainsi cet effet possible d'extinction spontanée.

2.2 Métaux protégés par un revêtement

2.2.1 *Acier ou aluminium recouvert de mélamine*

Ces matériaux, et en particulier les types retardateurs d'inflammation, peuvent être adaptés pour apporter une «faible» contribution au feu. La résine mélamine ne forme normalement que la couche superficielle d'un composite comprenant plusieurs couches de résine phénolique. Il n'existe quasiment aucun danger de propagation du feu avec ces résines et, lorsqu'elles sont exposées à un violent incendie, elles carbonisent en dégageant peu de fumées. Les vapeurs de combustion contiennent de l'ammoniaque et du formaldéhyde et sentent le lait brûlé et le poisson. La stabilité de l'adhérence entre la mélamine et le substrat est un facteur important car l'émission de fumées et la propagation des flammes peuvent augmenter dangereusement en cas de forte délamination. Ces résines peuvent être utilisées mais chacune d'elles devrait être testée séparément.

Il convient de noter qu'en cas de feu l'aluminium, à la différence de l'acier, ne protège pas très efficacement les matériaux qu'il recouvre en raison de son bas point de fusion, 660°C, une température facilement excédée dans la plupart des incendies. Quel que soit le revêtement utilisé, l'application du revêtement sur l'aluminium devrait se limiter aux zones qu'il n'est pas nécessaire de protéger en prévision d'un incendie.

2.2.2 *Acier avec revêtement de bitume*

Ces matériaux peuvent brûler très facilement et dégager une fumée dense en cas d'incendie. Ils ont été la cause principale de dommages graves lors d'un incendie survenu dans une station de métro de Londres il y a quelques années et leur emploi est à proscrire.

2.2.3 *Revêtement «minces»*

Il s'agit de revêtements de résine ou de peinture appliqués habituellement sur un substrat d'acier et dont l'épaisseur est tout au plus de l'ordre de quelques centièmes de microns. Ils ne sont en général pas très inflammables, mais un incendie peut entraîner une extension en surface des flammes et, selon le matériau de revêtement, la densité, la toxicité et la corrosivité des fumées peuvent être inacceptables. Il convient d'effectuer des essais en cas de doute quant au comportement des revêtements utilisés.

2.2.4 *Stratifiés plastique/plastique et métalloplastiques*

Ces matériaux sont de plus en plus utilisés, en particulier pour la construction des détecteurs de particules, car ils conjuguent un poids léger et de bonnes propriétés de résistance et de rigidité. Ils se composent généralement de trois couches, avec une couche extérieure métallique ou plastique et une âme en matière plastique. Le plastique peut prendre la forme d'une feuille moulée ou avoir une structure alvéolaire creuse ou pleine. Le revêtement de métal est souvent de l'aluminium, en sorte qu'il offre peu de protection en cas d'incendie important. Il arrive que les couches extérieures soient de matière plastique avec une âme de métal à structure alvéolaire. Il existe de nombreuses combinaisons de ces matériaux et certaines pourraient être utilisées. Dans tous les cas, aucune utilisation étendue d'un produit quelconque ne devrait être envisagée avant que des essais n'aient été effectués et n'aient démontré l'existence de caractéristiques satisfaisantes.

2.2.5 *Revêtements intumescents*

Ces revêtements sont des systèmes qui agissent en formant des bulles d'air, de manière à constituer une couche isolante. Du fait de cette caractéristique, ils sont utilisés pour protéger des matériaux comme le bois et les matières plastiques, qui sont combustibles, et ceux qui, comme l'acier, perdent leur résistance lorsqu'ils sont exposés à des températures élevées. La mousse est en général environ 50 à 100 fois plus épaisse que la couche du revêtement intumescent d'origine, ce qui permet une bonne isolation thermique et, ainsi, une protection du substrat contre les effets de la chaleur et de la décomposition. Cependant, les émissions de fumées varient extrêmement entre les meilleurs et les pires de ces revêtements et certains de ceux qui ont été commercialisés dégagent de l'acide chlorhydrique ou de l'acide phosphorique corrosifs, ainsi que des fumées denses. Avant de spécifier ces systèmes, des essais devraient être effectués car un nombre limité de peintures intumescents actuellement disponibles conjuguent un pouvoir retardateur d'inflammation acceptable et un bon comportement d'intumescence avec de faibles émissions de fumées et de vapeurs toxiques.

2.3 **Bois et bois revêtu**

Le bois a sa place parmi ces matériaux, étant donné qu'il est beaucoup utilisé dans des systèmes analogues à ceux qui emploient des matières plastiques, en particulier

pour les éléments de construction, et qu'il forme souvent une partie d'un matériau composite en combinaison avec des matières plastiques.

2.3.1 Bois non revêtu et bois tendre

Le bois tendre non traité ne devrait pas être employé dans des lieux où il existe un sérieux risque d'incendie. Il existe des contreplaqués offrant une bonne résistance au feu mais leurs propriétés sont extrêmement variables en ce qui concerne les émissions de fumées et de vapeurs toxiques, en raison des différents types de colles, de retardateurs de combustion et de bois employés. Il convient d'effectuer des essais avant de spécifier le contreplaqué à utiliser.

2.3.2 Contreplaqués revêtus de mélamine

Ces matériaux peuvent offrir une résistance au feu suffisante, en particulier si le contreplaqué utilisé est du type ignifugé. Cependant, ils peuvent dégager beaucoup de fumée et des essais devraient être effectués avant tout emploi.

2.3.3 Contreplaqués revêtus de résines à base d'urée

Les résines à base d'urée ont été employées pour remplacer la mélamine et on peut faire les mêmes commentaires à leur sujet.

2.4 Matériaux transparents

Des vitres résistant au feu existent sous plusieurs formes ; il s'agit très nettement du meilleur matériau à employer au cas où le feu et/ou les radiations poseraient de sérieux problèmes ou lorsqu'elles conviennent du point de vue technique.

LES FEUILLES DE PVC SONT À PROSCRIRE.

2.4.1 Acryliques

Les produits acryliques standard, y compris le polyméthacrylate de méthyle (PMMA-Plexiglas©, Perspex© etc.), sont très inflammables et ne conviennent donc pas pour une utilisation sur une grande échelle. Les vitres du type retardateur d'inflammation se consomment en présence de très petites sources d'incendie et dégagent des vapeurs denses et toxiques en cas de feu. Leur emploi n'est à considérer que pour de petits articles et que dans des zones peu exposées.

2.4.2 Polycarbonates (PC)

Même les polycarbonates standard (p. ex. le Makrolon©) sont considérés comme préférables aux acryliques retardateurs d'inflammation. Ils dégagent beaucoup de fumée et certains polycarbonates ignifugés peuvent même en dégager davantage et émettre plus de vapeurs s'ils restent dans la zone de l'incendie. La plupart des qualités de polycarbonates ne forment pas de goutte et ont tendance à fondre en fuyant devant le feu—leur comportement correspondant à une forme d'extinction sponta-

née—limitant la propagation du feu et réduisant les fumées et les vapeurs émises. Ils peuvent être utilisés dans des zones peu dangereuses où les acryliques ne seraient pas admis, mais il convient d'éviter toute utilisation sur une grande échelle.

2.4.3 Polyarylates (PAr)

Ces produits, relativement nouveaux, possèdent une bonne résistance au feu (UL 94 V-0) et leur température de service peut s'élever jusqu'à 300°C. Ils sont considérés comme étant susceptibles de présenter des fissurations de corrosion sous contrainte par l'effet de hydrocarbures liquides ; leur comportement dans les détecteurs de particules où sont présents des vapeurs et des gaz d'hydrocarbures doit donc être soigneusement contrôlé avant toute spécification.

2.5 Produits moulés ou extrudés

LE PVC EST À PROSCRIRE.

2.5.1 Polyamides (PA)

On s'abstiendra d'employer certaines qualités standard (comme le Nylon©) qui brûlent facilement en formant des gouttes. Il existe des qualités retardatrices d'inflammation qui résistent à l'ignition lors d'incendies d'importance modérée, mais il convient de contrôler les émissions de fumées et de vapeurs toxiques avant de les utiliser. Les tuyaux à gaz en polyamide sont souvent utilisés dans les systèmes expérimentaux mais il a été montré que les tuyaux en polyuréthane sont plus sûrs et qu'ils sont également plus souples (voir 2.5.16).

2.5.2 Polypropylène and polyéthylène (PP et PE)

Il ne convient pas d'employer les qualités standard si ce n'est en très petites quantités et dans des lieux non exposés. Il existe des types retardateurs d'inflammation, mais ceux qui comprennent des retardateurs de combustion organiques contenant des halogènes ou du phosphore ne doivent pas être utilisés du fait qu'ils dégagent beaucoup de fumées et de vapeurs toxiques et corrosives ; on produit cependant des qualités comportant de l'hydroxyde d'aluminium comme retardateur de combustion, qui ont un comportement au feu acceptable et qui sont très largement utilisées dans l'industrie des câbles.

2.5.3 Oxyde de polyphénylène (PPO)

Ce matériau est disponible dans des qualités (p. ex. le Noryl©) offrant une résistance au feu satisfaisante (UL94V-0 ou V-1 selon la qualité). Il dégage d'importantes fumées en cas d'incendie mais ses vapeurs sont moins toxiques et corrosives que celles du PVC. Dans de nombreux cas, il peut servir de substitut au PVC car, bien qu'il ne soit pas parfait, il possède des propriétés mécaniques et de traitement qu'on ne peut pas trouver dans d'autres matériaux de prix raisonnable.

2.5.4 Polyéther-éther-cétone (PEEK)

C'est un matériau récent et relativement cher qui présente une bonne résistance à la chaleur (jusqu'à 250°C), possède un très bon pouvoir retardateur de combustion (UL94 V-0) et dégage peu de fumées et de vapeurs toxiques et corrosives, sans exiger le recours à des additifs. Il est employé pour des applications où son prix relativement élevé ne pose pas de problème et, comme son prix relatif baisse à mesure qu'augmente la quantité consommée, il connaîtra une utilisation plus étendue dans beaucoup d'autres domaines.

2.5.5 Polyéther-imide (PEI)

C'est également un matériau relativement récent présentant une très bonne résistance à la chaleur (jusqu'à 250°C) et un très bon pouvoir retardateur de combustion (UL94 V-0) ; en outre, il dégage peu de fumées et de vapeurs toxiques et corrosives, sans exiger le recours à des additifs. Il peut être envisagé pour de nombreuses applications pour lesquelles son coût encore relativement élevé est compensé par ses propriétés intéressantes.

2.5.6 Polyéther-sulfones (PES)

Les polyéther-sulfones (PES), les polysulfones apparentés (PSO ou PSU) et les polyaryl-sulfones présentent une très bonne résistance à la chaleur et peuvent être exposés pendant de longues périodes à des températures atteignant 160-250°C. Les polyéther-sulfones sont classés au niveau V-0 par UL94 et les polysulfones au niveau V-1. Ils ne s'enflamment pas facilement mais peuvent, lors d'un incendie à des températures élevées, dégager du dioxyde de soufre. Leur résistance à des températures élevées peut cependant les rendre utiles pour des applications limitées ; chaque cas devrait être considéré séparément.

2.5.7 Sulfure de polyphénylène (PPS)

Ce matériau présente une très bonne résistance à des températures s'élevant jusqu'à environ 260°C et ne peut s'enflammer que difficilement (UL94 V-0), s'éteignant d'ailleurs aussitôt que la source d'inflammation est enlevée. Il n'est disponible que dans des couleurs sombres, étant très difficile à pigmenter, et uniquement sous forme modifiée, p. ex. renforcé avec des fibres de verre ou de carbone. Du fait de sa résistance à des températures élevées, il peut être utile pour des applications limitées ; chaque cas devrait être considéré séparément.

2.5.8 Polyphénylène-éther (PPE)

À l'état pur, ce matériau résiste à des températures atteignant 110°C et ne s'enflamme qu'avec difficulté (UL94 V-0). Cependant, on le modifie d'ordinaire avec du polystyrène présentant une haute résistance à l'impact (HIPS) pour améliorer les possibilités de traitement, de sorte que les produits modifiés sont moins résistants à la combustion. Chaque cas devrait être considéré séparément. Il s'agit de la matière plastique résistant à la chaleur la plus couramment utilisée.

2.5.9 Polyarylates (PAr)

Ces produits, relativement nouveaux, (p. ex. Isaryl©) possèdent une bonne résistance au feu (UL 94 V-0) et leur température de service peut s'élever jusqu'à 300°C. Ils sont considérés comme étant susceptibles de présenter des fissurations de corrosion sous contrainte par l'effet de hydrocarbures liquides ; leur emploi dans les détecteurs de particules où sont utilisés des vapeurs et des gaz d'hydrocarbures nécessite donc un contrôle attentif.

2.5.10 Polystyrène (PS)

Bien que ce matériau soit bon marché et facile à traiter, sa forte inflammabilité associée au fait qu'il dégage des fumées denses et toxiques font qu'il ne devrait pas être utilisé. Sa tendance à la dépolymérisation à des températures relativement basses le rend à double titre impropre à l'utilisation dans les détecteurs de particules. Il existe des types retardateurs de combustion comportant des composés organiques halogénés comme agents retardateurs mais ils sont à proscrire.

2.5.11 Polystyrène butadiène acrylonitrile (ABS)

Ces matériaux sont inflammables et dégagent particulièrement beaucoup de fumées. Il existe des qualités retardatrices de combustion qui comportent des composés organiques halogénés comme agents retardateurs, mais elles émettent beaucoup de fumées et de vapeurs toxiques et corrosives et sont à proscrire.

2.5.12 Polyimides (PI)

Ces matériaux résistent très bien à la chaleur, supportent des températures atteignant 260°C, ont une résistance intrinsèque au feu (UL94 V-0) et dégagent peu de fumées et de vapeurs toxiques et corrosives.

2.5.13 Polyamide-imides (PAI)

Ces matériaux ont des propriétés proches de celles des polyimides ; leur température de service peut s'élever jusqu'à 210°C et ils présentent une bonne résistance au feu (UL94 V-0), tout en étant thermomoulables.

2.5.14 Polytétrafluoroéthylène (PTFE)

Bien que le PTFE (Teflon©) ne fonde et ne se décompose qu'à des températures excédant 500°C, il dégage alors des fumées hautement toxiques et corrosives contenant du fluorure d'hydrogène et des fluorures de carbone extrêmement toxiques. Même s'il s'agit d'un matériau très utile possédant des propriétés uniques, on devrait éviter de l'employer en grandes quantités, également en raison de sa très faible résistance aux rayonnements.

2.5.15 Polyuréthanes (PUR)

Ces matériaux ne devraient pas être utilisés, étant donné qu'ils sont inflammables (ne répondant pas aux exigences de la norme UL94V) et qu'ils dégagent des fumées

denses. Il a cependant été montré que les tuyaux en polyuréthane étaient moins inflammables que les tuyaux en polyamide utilisés jusqu'ici pour le gaz dans les systèmes d'expérimentation. Bien qu'ils ne soient pas parfaitement conformes aux exigences de la présente Instruction, ils ont été admis en quantités limitées du fait qu'ils sont plus souples que les tuyaux en polyamide et produisent des fumées moins denses, moins toxiques et moins corrosives. Ils peuvent être utilisés en quantités limitées dans des lieux où il serait impossible d'employer des tubes en métal, en particulier pour les faibles rayons de courbure.

2.5.16 Polyacétals-Polyoxyméthylène (POM)

Les matériaux appelés polyoxyméthylènes ont des propriétés mécaniques qui les rendent très utiles. Ils sont davantage résistants au fluage que les polyamides et résistent très bien à l'abrasion. Ils brûlent cependant très facilement (bien qu'avec une faible émission de fumée), sont sensibles aux rayonnements, et il n'est pas possible d'incorporer des retardateurs de combustion dans le polymère. Leur emploi doit donc rester limité aux petites quantités.

2.6 Matières plastiques sous forme de mousse

Il est possible d'obtenir de la mousse à partir de pratiquement toutes les matières plastiques et il existe une vaste gamme de ces matériaux, bien que seuls peu d'entre eux aient gagné une réelle importance. Ils ont été classés ici en deux catégories : les mousses rigides, qui possèdent généralement une structure cellulaire fermée, et les mousses souples, qui sont essentiellement à structure cellulaire ouverte. Au CERN, elles sont surtout utilisées pour l'isolation thermique (et occasionnellement acoustique) mais sont également employées pour la fabrication de meubles, en particulier les mousses souples pour le rembourrage et les coussins, de sorte qu'il convient de se montrer attentif en spécifiant des meubles.

2.6.1 Mousses rigides

LE PVC EST À PROSCRIRE.

2.6.1.1 Polyuréthane (PUR)

Ces mousses présentent l'avantage de pouvoir subir un «moussage» *in situ* mais elles sont inflammables et dégagent beaucoup de fumées. Des panneaux préformés peuvent contenir des retardateurs de combustion mais, comme ceux-ci sont souvent des composés organiques halogénés, les panneaux émettent des fumées denses, toxiques et corrosives en cas d'incendie. Les mousses non protégées ne devraient pas être utilisées.

2.6.1.2 Polyisocyanurates (PIR)

Ces mousses sont analogues aux mousses de polyuréthane mais présentent une meilleure résistance à la combustion et dégagent des fumées sensiblement moins denses en cas d'incendie. Cependant, les composés purs sont extrêmement friables

et, dans la pratique, on les modifie avec des mousses de polyuréthane pour obtenir des produits moins friables qui présentent une meilleure thermostabilité et une combustibilité plus faible que les mousses de polyuréthanes pures. Elles existent sous forme de feuilles, de blocs et de pièces préformées pour l'isolation des tuyaux. Il convient de bien se renseigner sur les propriétés spécifiques d'une mousse avant d'envisager son utilisation.

2.6.1.3 *Mousses phénoliques (Phénol-formaldéhyde) (PF)*

Ces mousses présentent une excellente résistance à l'inflammation (UL94 V-0), dégagent très peu de fumées en cas d'incendie et ont une température de service maximale de 120°C. Cependant, elles sont souvent traitées à l'acide, émettent des fumées toxiques et corrosives en cas de feu à des températures élevées et peuvent se consumer lentement lorsque la source d'inflammation est enlevée. Elles ont tendance à être friables mais peuvent être fournies avec une feuille d'aluminium qui les renforce. Elles existent sous forme de feuilles, de blocs et de pièces préformées pour l'isolation des tuyaux. Il convient de bien se renseigner sur les propriétés spécifiques d'une mousse avant d'envisager son utilisation.

2.6.1.4 *Mousses à base d'urées (Urée-formaldéhyde) (UF)*

Ces mousses présentent une excellente résistance à l'inflammation (UL94 V-0) et émettent très peu de fumées en cas d'incendie, mais leur température de service maximale n'est que de 90°C. Lors d'un feu, à de hautes températures, elles dégagent des fumées toxiques et corrosives mais ne se consomment plus lorsque la source d'inflammation est enlevée. Elles ont tendance à être friables mais on peut les modifier avec des additifs tels que le polyéthylène glycol pour réduire leur fragilité, ce qui entraîne néanmoins une augmentation de leur inflammabilité. Elles existent sous forme de feuilles, de blocs et de pièces préformées pour l'isolation des tuyaux. Il convient de bien se renseigner sur les propriétés spécifiques d'une mousse avant d'envisager son utilisation.

N.B. Ces mousses ont été utilisées selon la formule moussage in situ ("foam in place") pour l'isolation des murs creux dans des locaux domestiques et ont posé des problèmes du fait que des résines mal polymérisées ont dégagé du formaldéhyde (qui irrite les yeux et la gorge et est suspecté d'être cancérigène).

2.6.1.5 *Polyimides (PI)*

Des mousses résistant très bien à des températures élevées (jusqu'à 200°C) et à l'inflammation (UL94 V-0) peuvent être fabriquées mais elles sont très chères et n'ont trouvé qu'une utilisation limitée, par exemple dans l'isolation acoustique de moteurs à réaction.

2.6.1.6 *Polystyrène (PS)*

Le polystyrène existe sous forme de mousses structurées, pour l'électronique et les machines de bureau ainsi que pour remplacer le bois dans le mobilier, et sous forme de polystyrène expansé pour des panneaux d'isolation acoustique ou thermique et

pour les récipients alimentaires. Dans les deux cas, les produits non modifiés sont très inflammables et les types retardateurs d'inflammation contiennent des composés halogénés qui augmentent terriblement la densité, la toxicité et la corrosivité des fumées produites en cas d'incendie. Ils ne doivent pas être utilisés en quantités importantes.

2.6.1.7 Verre

Le verre mousse existe en tant que matériau isolant sous forme de panneaux et de pièces préformées pour l'isolation des tuyaux et des conduites. Il résiste très bien au feu.

2.6.2 Mousses souples

LE PVC EST À PROSCRIRE.

2.6.2.1 Polyuréthanes (PUR)

Les mousses non modifiées résistent très mal au feu et dégagent d'importantes fumées. Elles sont moins stables aux températures élevées que les mousses rigides et brûlent plus intensément. Il existe des mousses comportant des composés halogénés comme retardateurs de combustion qui ont un meilleur comportement au feu mais elles émettent des fumées denses, toxiques et corrosives en cas d'incendie. Des types retardateurs de combustion exempts d'halogène et comportant de l'oxyde d'aluminium comme agent retardateur ont été mis au point et ont été classés comme apportant une «faible» contribution au feu ainsi que comme satisfaisant aux exigences du point de vue de la toxicité et de la corrosivité. Ils ont été utilisés dans certaines expériences LEP ; depuis lors on a amélioré leurs propriétés mécaniques, de sorte qu'ils sont devenus des candidats valables pour des utilisations futures. Toutes les mousses doivent subir des essais de tenue au feu avant utilisation.

2.6.2.2 Caoutchouc naturel

Ces mousses brûlent facilement en dégageant des fumées de haute densité, toxiques et corrosives ; elles sont à proscrire.

2.6.2.3 Polychloroprène

À proscrire.

2.6.2.4 Polyoléfines (PP & PE)

Il existe des mousses de polyéthylène et de polypropylène mais, soit leur résistance à l'inflammation est très faible, soit, si des retardateurs d'inflammation halogénés sont utilisés, les fumées et les vapeurs toxiques et corrosives dégagées sont inacceptables. On pourra bientôt se procurer des mousses comportant de l'hydroxyde d'aluminium comme retardateur d'inflammation, qui pourraient convenir si leur comportement au feu est acceptable.

2.6.2.5 *Silicones (SI)*

Il existe des mousses de silicone classées comme apportant une «faible» contribution au feu et qui sont même utilisées comme coupe-feu, par exemple dans les passages de câbles.

2.7 **Films**

Beaucoup de matières plastiques peuvent prendre la forme de films souples, dont certains sont transparents ou translucides. Certains d'entre eux d'usage général, comme le polyéthylène, le polyester ou le polyéthylène téréphtalate (Mylar®), sont très inflammables, alors que d'autres, comme le PVC et le polyéthylène contenant des retardateurs d'inflammation halogénés, sont proscrits pour les motifs susmentionnés.

Il existe des films conformes aux exigences de la présente Instruction dans les matériaux suivants :

- polyéther-éther-cétone (PEEK)
- polyimide (PI, Kapton®)
- polyarylate (PAr)
- polyéther-imide (PEI)
- polyaryl-amide (PAA)
- polyéthylène (PE) et polypropylène (PP) avec un retardateur d'inflammation sous forme d'hydroxyde d'aluminium.

2.8 **Revêtements de sol**

LE PVC EST À PROSCRIRE.

2.8.1 *Polyamides (PA)*

Il existe des types de revêtement de sol en polyamide résistant au feu mais, avant de les employer, il convient d'étudier la question car les retardateurs de combustion utilisés peuvent augmenter les émissions de fumées et de vapeurs toxiques et corrosives.

2.8.2 *Polypropylène (PP)*

Même remarque que pour les polyamides.

2.8.3 *Elastomères à faible dégagement de fumée*

Il existe aujourd'hui des matériaux pouvant répondre aux normes de sécurité du point de vue de l'inflammabilité et d'émission de fumées et de vapeurs toxiques et corrosives. Leur durée de résistance à l'usure est bonne ; ils sont d'ailleurs utilisés

dans des applications pour les transports publics, en particulier dans les trains de passagers et le métro.

2.8.4 Bois

Il existe des panneaux préfabriqués pour les parquets, des plaques et des planches de bois et de bois laminé sous diverses formes, dont plusieurs peuvent convenir pour l'emploi. Tous les produits doivent subir des essais avant l'utilisation.

2.8.5 Autres revêtements

Il a été montré que l'asphalte à faible teneur en produits organiques présente une faible propagation des flammes et dégage peu de fumée. Toute proposition d'emploi de ces matériaux doit être examinée attentivement avant application.

Les carrelages en éclats de marbre et ciment peuvent être employés mais il ne faut pas négliger de tester les matériaux comportant un liant constitué par une résine avant application.

3 Les matières plastiques convenant pour l'utilisation au CERN

Le tableau 1 de l'annexe 1 indique quelles matières plastiques conviennent pour être employées au CERN. La classification comprend les catégories suivantes :

- matériaux pouvant convenir avec ou sans agents retardateurs de combustion ;
- matériaux ne pouvant convenir que **si l'on y incorpore** un agent retardateur de combustion **EXEMPT** d'halogènes, de soufre ou de phosphore ;
- matériaux à proscrire.

Ce tableau a été établi uniquement pour une sélection préliminaire ; dans tous les cas les matériaux doivent être testés avant utilisation ou spécification.

Les noms commerciaux sont classés de la même manière dans l'annexe 2.

**Tableau 1 : Classification des matières plastiques
en vue de leur utilisation au CERN**

Matériaux de base qui conviennent	Mélamine formaldéhyde Phénol formaldéhyde Polyamide-imide Polyarylate Polybenzimidazole Polyéther-éthercétone Polyéther-imide Polyimide Urée formaldéhyde
Matériaux ne convenant que si l'on y incorpore un retardateur de combustion EXEMPT d'halogènes, de soufre et de phosphore	Alcool polyvinylique Caoutchouc d'éthyle acrylate Caoutchouc d'éthylène propylène Copolymère éthylène acétate de vinyle Éthylène propylène diène Oxyde de polyphénylène Polyacétate de vinyle Polyamide Polyaryl-amide Polybutylène Polybutylène téréphtalate Polycarbonate Polyéthylène de basse densité Polyéthylène de haute densité Polyéthylène téréphtalate Polyisocyanurate Polyphénylène éther Polypropylène Polyuréthane Résine époxyde Silicones
Matériaux proscrits	Acétal Acrylonitrile Caoutchouc naturel Chlorure de polyvinyle (PVC) Chlorure de polyvinylidène Copolymère acrylonitrile butadiène styrène (ABS) Copolymère ester acrylique d'acrylonitrile styrène Copolymère éthylène tétrafluoroéthylène Copolymère styrène acrylonitrile Perfluoroéthylène propylène Polychlorotrifluoroéthylène Polyfluorure de vinyle Polyfluorure de vinylidène Polyméthacrylate de méthyle Polyoxyméthylène Polystyrène Polytétrafluoroéthylène (PTFE)

Annexe 2

Noms commerciaux et abréviations

1 Noms commerciaux

(© est le nom commercial déposé d'une entreprise de production)

1.1 Matériaux susceptibles de satisfaire aux exigences de la présente instruction sans qu'il soit nécessaire de recourir à des agents retardateurs d'inflammation

Nom commercial	Description du produit
BAKELITE	Phénoplaste à mouler
ISARYL©	Polyarylates
KAPTON©	Polyimide
STABAR©	Feuilles de polyéther-éthercétone
TORLON©	Polyamide-imide
ULTEM©	Polyéther-imide
VICTREX-PEEK	Polyéther-éthercétone

1.2 Matériaux exempts d'halogène et de soufre qui ne sont susceptibles de répondre aux exigences de comportement au feu de la présente instruction que si des agents retardateurs de combustion EXEMPTS d'halogène, de soufre et de phosphore y sont incorporés

Nom commercial	Description du produit
ALKATHENE©	Polyéthylène
ALTUGLAS©	Feuilles acryliques moulées
ARALDITE©	Résine époxyde
AXXIS PC©	Feuilles de polycarbonate
BAYLON©	Polyéthylène de haute densité
CELMAR©	Polypropylène
DELRIN©	Acétal (POM)
ECCOFOAM©	Résines de polyuréthane « <i>moussage in situ</i> »
EPIKOTE©	Résine époxyde
EPOPHEN©	Résines époxydes
FEREX©	Mousses de polyuréthane ignifugées
HYTREL©	Elastomère de polyester
LEVAPREN	Copolymère d'éthylène acétate de vinyle
LEXAN©	Polycarbonate
MAKROLON ©	Polycarbonate
MIL-ENE©	Feuille de polyester

Nom commercial	Description du produit
MYLAR©	Feuille de téréphtalate de polyéthylène
NORDEL©	Caoutchouc d'hydrocarbure
NORYL©	Oxyde de polyphénylène
NYLON	Polyamide
SILASTIC©	Mastics de silicone
SYLGARD©	Elastomères de silicone
VALOX©	Polyester thermoplastique
VAMAC©	Elastomère acrylique d'éthylène
VITEC©	Mousses de polyuréthane ignifugées

1.3 Matériaux à proscrire

Nom commercial	Description du produit
BETAGLAS©	Feuilles rigides de PVC
DARVIC©	PVC
FIBERLOC©	PVC renforcé avec de la fibre de verre
FLUON©	Polytétrafluoroéthylène
HYPALON ©	Polyéthylène chlorosulfoné
NEOPRENE©	Caoutchouc de polychloroprène
PLEXIGLAS©	Polyméthacrylate de méthyle
SARAN©	Chlorure de polyvinylidène
TEFLON©	Polytétrafluoroéthylène
VITON©	Elastomère fluoré

2 Abréviations

Les matériaux proscrits sont marqués en gras

Abréviation	Désignation chimique
ABS	Copolymère acrylonitrile butadiène styrène
AN	Acrylonitrile
ASA	Copolymère ester acrylique d'acrylonitrile styrène
CPE	Polyéthylène chloré
EAR	Caoutchouc d'acrylate d'éthyle
EP	Résine époxyde
EPDM	Ethylène propylène diène
EPR	Caoutchouc d'éthylène propylène
ETFE	Copolymère tétrafluoroéthylène éthylène
EVA	Copolymère éthylène acétate de vinyle

Abréviation	Désignation chimique
FEP	Perfluoroéthylène propylène
FRP	Polyester renforcé avec de la fibre de verre
FRTF	Thermoplastique renforcé avec de la fibre
HDPE	Polyéthylène (polythène) de haute densité
HIPS	Polystyrène <i>high impact</i>
LDPE	Polyéthylène de faible densité
MF	Résine de mélamine et formaldéhyde
PA	Polyamide
PAI	Polyamide-imide
PAr	Polyarylate
PB	Polybutylène (Polybutène)
PBI	Polybenzimidazole
PBT	Téréphtalate de polybutylène
PC	Polycarbonate
PCTFE	Polychlorotrifluoroéthylène
PE	Polyéthylène (polyéthène, polythène)
PEEK	Polyéther-éthercétone
PEI	Polyéther-imide
PES	Polyéther sulfone
PET (PETP)	Téréphtalate de polyéthylène
PF	Résine de phénol formaldéhyde
PI	Polyimide
PIR	Polyisocyanurate
PMMA	Polyméthyl méthacrylate
POM	Polyoxyméthylène (Acétal)
PP	Polypropylène
PPE	Polyphénylène-éther
PPO	Polyphénylène-oxyde
PPS	Polyphénylène-sulfure
PS	Polystyrène
PSO	Polysulfone
PSU	Polysulfone
PTFE	Polytétrafluoroéthylène
PU	Polyuréthane
PUR	Caoutchouc de polyuréthane
PVA	Alcool polyvinylique
PVAC	Acétate de polyvinyle
PVC	Chlorure de polyvinyle
PVCC	Chlorure de polyvinyle chloré

Abréviation	Désignation chimique
PVDC	Chlorure de polyvinylidène
PVDF	Fluorure de polyvinylidène
PVF	Fluorure de polyvinyle
SAN	Copolymère acrylonitrile styrène
SB	Copolymère butadiène styrène
SBR	Caoutchouc de butadiène styrène
SI	Silicone
SIR	Caoutchouc de silicone
UF	Résine d'urée et formaldéhyde
UP	Résine de polyester non saturé

Annexe 3

Glossaire des termes

ACCÉLÉRATEUR

Substance qui, lorsqu'elle est mélangée à un système chimique, accélère la réaction chimique entre le durcisseur et la résine. Également appelé promoteur.

ANTIOXYDANT

Substance qui, lorsqu'elle est ajoutée en petites quantités à une résine au cours d'un mélange, empêche sa dégradation par oxydation et contribue au maintien de ses propriétés.

CATALYSEUR

Substance modifiant la vitesse d'une réaction chimique sans subir elle-même de modification permanente dans sa composition ni s'intégrer dans la structure moléculaire du produit. Ajoutée en petite quantité cette substance augmente la vitesse de polymérisation d'un système (voir aussi accélérateur et durcisseur).

CEI

Commission Électrotechnique Internationale.

COMBUSTION

Réaction exothermique d'une substance avec un comburant (le plus souvent de l'air) qui s'accompagne généralement d'une émission de flammes et/ou d'incandescence et/ou d'émission de fumée.

COMBUSTION COUVANTE

Combustion lente d'un matériau sans émission de lumière visible et généralement mise en évidence par une augmentation de la température et/ou un dégagement de fumée.

COMBUSTION PAR INCANDESCENCE

Combustion d'un matériau à l'état solide sans flammes mais avec émission de lumière par la zone de combustion.

DENSITÉ OPTIQUE DE LA FUMÉE

Mesure du degré d'opacité de la fumée, généralement exprimée par le logarithme simple du rapport entre la lumière incidente et la lumière transmise.

DURCISSEUR

Substance ou mélange ajouté à une composition plastique pour favoriser ou régulariser l'action de durcissement en y prenant part.

COMPORTEMENT AU FEU

Modifications physiques et/ou chimiques qui interviennent lorsqu'un matériau, un produit et/ou une structure sont exposés à un incendie.

ELASTOMÈRE

Terme générique pour toutes les substances dotées des propriétés du caoutchouc naturel, régénéré, vulcanisé ou synthétique, et qui s'étendent donc sous l'effet d'une tension, ont une contrainte de traction élevée, se rétractent rapidement et reprennent totalement leurs dimensions d'origine. Les élastomères classiques contiennent de longues chaînes de polymères faiblement réticulées.

FACILITÉ D'INFLAMMATION

Facilité avec laquelle un matériau peut s'enflammer dans des conditions d'essai spécifiées.

FUMÉE

Suspension visible de particules solides et/ou liquides dans des gaz, résultant d'une combustion ou d'une pyrolyse.

HALOGÈNE

Membre du groupe VII A du tableau périodique des éléments chimiques ; ce groupe contient le fluor, le chlore, le brome et l'iode.

INFLAMMABILITÉ

Capacité d'un matériau ou d'un produit de brûler en produisant des flammes dans des conditions d'essai spécifiées.

INTUMESCENT

Qui gonfle. Se rapporte à des revêtements de peinture ou de mastic appliqués à des surfaces, qui forment des bulles d'air ou gonflent en cas de feu, protégeant ainsi le matériau qu'ils recouvrent.

MATÉRIAU COMPOSITE

Produit solide comportant au moins deux phases physiques distinctes, présentant entre elles un interface : la matrice de liaison et le matériau de renfort sous forme granulée, fibreuse ou lamellaire. Les constituants gardent leur identité, c'est-à-dire qu'ils ne se dissolvent pas ni ne fusionnent complètement, bien qu'ils agissent de concert.

MATIÈRE DE REMPLISSAGE

Substance relativement inerte ajoutée à une matière plastique pour modifier ses propriétés physiques, mécaniques, thermiques, électriques ou autres, pour réduire son coût ou pour modifier sa densité. Il s'agit en général d'un additif particulier.

MATIÈRES PLASTIQUES

Groupe de matériaux organiques qui, bien que stables lorsqu'ils sont employés à température ambiante, sont plastiques à certaines phases de leur fabrication et peuvent donc être façonnés par application de chaleur et/ou de pression.

MATIÈRES PLASTIQUES THERMODURCISSABLES

Classe de matières plastiques qui subissent une réaction chimique sous l'effet de l'application de chaleur, de pression, de catalyseurs, etc., les amenant à un état irréversible relativement infusible. Les phénols et les résines époxydes sont des matières plastiques thermodurcissables classiques.

MONOMÈRE

Molécule simple pouvant réagir avec des molécules semblables ou différentes pour former un polymère. La plus petite structure qui se répète dans un polymère.

NARCOTIQUE (adj.)

(employé pour des substances, etc.) : Ayant pour effet d'engendrer la stupeur, le sommeil ou l'insensibilité.

OLÉFINE

Groupe d'hydrocarbures insaturés de formule générale C_nH_{2n} et tenant leur nom des paraffines correspondantes avec adjonction de -ène ou -ylène au radical (p. ex. éthène ou éthylène à partir de l'éthane).

PLASTIFIANT

Matériau incorporé à une matière plastique afin de faciliter sa mise en oeuvre et d'augmenter sa flexibilité ou son extensibilité. Utilisé normalement dans les thermoplastiques.

POLYMÈRE

Membre d'une série de composés polymères. Substance composée de très grandes molécules, consistant essentiellement en unités structurales répétées et formant de longues chaînes, qui distinguent les polymères des autres types de molécules organiques et leur confèrent contrainte de traction, capacité de déformation, élasticité et fermeté.

POLYOLÉFINE

Matières plastiques ayant pour base un polymère composé d'une oléfine qui y est le seul monomère essentiel. Les polyoléfines les plus importantes utilisées comme matières plastiques standard sont le polyéthylène de faible densité (LDPE), le polyéthylène de haute densité (HDPE) et le polypropylène (PP). Des matériaux moins connus sont le polybutène (polybutylène) et le polyméthyl-pentène.

PYROLYSE

Décomposition chimique irréversible d'un matériau produite par une élévation de température, sans oxydation.

RÉSINE

Dans le présent document, une résine est un liquide visqueux pouvant atteindre sa forme solide définitive par réticulation à la suite d'une réaction chimique avec divers catalyseurs, durcisseurs ou accélérateurs, avec ou sans chaleur.

RETARDATEUR DE COMBUSTION

Substance ajoutée ou traitement appliqué à un matériau afin de supprimer, de réduire ou de retarder sensiblement sa combustion.

RÉTICULATION

Établissement de liens chimiques entre les chaînes moléculaires de matières plastiques thermodurcissables et de certaines matières thermoplastiques. La réticulation, lorsqu'elle a lieu à grande échelle, comme dans le cas de la plupart des matières thermodurcissables, produit une supermolécule infusible à partir de toutes les chaînes. Dans les caoutchoucs, la réticulation suffit tout juste à assembler doucement toutes les molécules en un réseau.

STABILISATEURS

Produits chimiques utilisés dans la fabrication de matières plastiques pour contribuer à maintenir leurs propriétés physiques et chimiques au cours du traitement ou du temps d'utilisation. Par ex. un stabilisateur ultraviolet est conçu pour absorber les rayons ultraviolets et les empêcher d'attaquer les matières plastiques.

TAUX D'ÉMISSION DE CHALEUR

Énergie calorifique dégagée par unité de temps lors de la combustion d'un matériau dans des conditions d'essai spécifiées.

THERMOPLASTIQUES

Classe de matières plastiques capables d'être amollies par chauffage et durcies par refroidissement à plusieurs reprises. L'ABS, le PVC, le polystyrène, le polyéthylène et le polypropylène sont tous des matières thermoplastiques.

VAPEUR

Synonyme de fumée (dans la présente instruction de sécurité).

VITESSE DE PROPAGATION DES FLAMMES

Distance parcourue par un front de flammes au cours de leur propagation, par unité de temps, dans des conditions d'essai spécifiées.

Annexe 4

Normes

Les normes mentionnées dans la présente Instruction de Sécurité ont été établies par les organisations suivantes :

ABD

Airbus Industrie Directive
31707 Blagnac Cedex, France.

ASTM

American Society for Testing and Materials
Philadelphie, Pennsylvanie, États-Unis.

BS

British Standards Institution
2 Park Street, Londres WA1 2BS, Grande-Bretagne.

CEI

Commission électrotechnique internationale
1-3, rue de Varembe, 1211 Genève 20, Suisse.

ISO

Organisation internationale de standardisation
1-3, rue de Varembe, 1211 Genève 20, Suisse.

UL

Underwriters Laboratories Inc.
333 Pfingsten Road, Northbrook, Illinois 60062, États-Unis.