
Norme internationale



4898

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

Plastiques alvéolaires — Spécifications des matériaux rigides utilisés dans l'isolation thermique des bâtiments

Cellular plastics — Specification for rigid cellular materials used in the thermal insulation of buildings

Première édition — 1984-11-01

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 4898:1984](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a5971a88-9d01-4ac6-bfc1-ad72b426b1dc/iso-4898-1984)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a5971a88-9d01-4ac6-bfc1-ad72b426b1dc/iso-4898-1984>

CDU 678.5/8 : 405.8 : 699.86

Réf. n° : ISO 4898-1984 (F)

Descripteurs : plastique, produit alvéolaire rigide, spécification, propriété physique, essai, tolérance de dimension, isolation thermique, bâtiment.

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 4898 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 61, *Plastiques*.

[ISO 4898:1984](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a5971a88-9d01-4ac6-bfc1-ad72b426b1dc/iso-4898-1984)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a5971a88-9d01-4ac6-bfc1-ad72b426b1dc/iso-4898-1984>

Plastiques alvéolaires — Spécifications des matériaux rigides utilisés dans l'isolation thermique des bâtiments

1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie des exigences et les méthodes d'essai correspondantes pour les plastiques alvéolaires rigides destinés à être utilisés comme isolation thermique dans les bâtiments. Elle s'applique aux plastiques alvéolaires rigides présentés sous forme de panneaux plans ou de panneaux profilés, avec ou sans peaux de fabrication. Ces produits peuvent aussi être surfacés ou calandrés avec des membranes, des feuilles ou films plastiques ou métalliques, des enduits minéraux, du papier, du carton ou autres matériaux.

La présente Norme internationale n'est pas applicable aux matériaux utilisés pour l'isolation thermique des tuyauteries et récipients, pour l'isolation aux bruits d'impacts ou aux bruits aériens.

La présente Norme internationale s'applique aux matériaux alvéolaires suivants utilisés en isolation thermique :

AR/PS à base de polystyrène;

AR/PUR à base de polyuréthanes produits à partir des isocyanates (en ce qui concerne les isocyanurates, voir 3.2).

NOTES

- 1 AR indique un matériau alvéolaire rigide.
- 2 Lorsque d'autres plastiques alvéolaires deviennent disponibles sur le marché, il est prévu de les inclure dans la présente Norme internationale.

Les valeurs limites de qualité dans la présente Norme internationale sont destinées uniquement à être utilisées pour l'établissement de cahiers des charges liant l'acheteur et le vendeur, et ne sont pas destinées à être utilisées pour la conception des ouvrages (voir l'annexe).

Des conditions imposées supplémentaires peuvent être adjointes à celles spécifiées dans la présente Norme internationale par accord entre l'acheteur et le vendeur.

2 Références

ISO 291, *Plastiques — Atmosphères normales de conditionnement et d'essai*.

ISO 472, *Plastiques — Vocabulaire*.

ISO 844, *Plastiques alvéolaires — Essai de compression des matériaux rigides*.

ISO 845, *Caoutchoucs et plastiques alvéolaires — Détermination de la masse volumique apparente*.

ISO 1040, *Coordination modulaire — Multimodules pour dimensions de coordination horizontale*.

ISO 1209, *Matières plastiques alvéolaires rigides — Essai de flexion*.

ISO 1663, *Plastiques alvéolaires — Détermination du taux de transmission de la vapeur d'eau des matériaux rigides*.

ISO 1923, *Plastiques et caoutchoucs alvéolaires — Détermination des dimensions linéaires*.

ISO 2581, *Matières plastiques — Matériaux alvéolaires rigides — Détermination de la conductivité thermique «apparente» au moyen d'un fluxmètre thermique*.

ISO 2796, *Plastiques alvéolaires — Essai de stabilité dimensionnelle des matériaux rigides*.

ISO/TR 2799, *Plastiques alvéolaires — Détermination de la température à laquelle un effort de compression produit une déformation permanente fixée des matériaux rigides*.

ISO 2896, *Matières plastiques alvéolaires rigides — Détermination de l'absorption d'eau*.

3 Définitions

Dans le cadre de la présente Norme internationale, les définitions suivantes sont applicables :

3.1 AR/PS : Plastique alvéolaire rigide constitué à partir de l'expansion de polystyrène ou de ses copolymères. Dans le cadre de la présente Norme internationale, ce matériau est réparti en deux types :

AR/PS-M Panneau fabriqué par expansion de billes expansibles de polystyrène, moulé sous sa forme définitive ou bien découpé dans des blocs produits par un procédé continu ou discontinu.

AR/PS-E Panneau produit par un procédé continu d'extrusion, comportant ou non des peaux de surface qui se forment naturellement en cours de fabrication.

Les AR/PS-M et AR/PS-E utilisés pour l'isolation thermique ont une structure cellulaire composée principalement d'alvéoles fermés.

3.2 AR/PUR : Plastique alvéolaire rigide à base d'un polyuréthane ou d'un poly(uréthane/isocyanurate).¹⁾

Les AR/PUR utilisés pour l'isolation thermique ont une structure cellulaire composée principalement d'alvéoles fermés.

4 Dimensions et tolérances dimensionnelles

4.1 Les matériaux sous forme de panneaux doivent être fournis dans des dimensions établies par accord entre l'acheteur et le vendeur, mais de préférence conformément à l'ISO 1040. Les panneaux doivent être essentiellement plats.

4.2 Les tolérances dimensionnelles sur la longueur, la largeur et l'orthogonalité doivent être conformes aux valeurs suivantes :

Longueur ou largeur	Tolérance sur la longueur ou la largeur (voir note 1)	Tolérances d'orthogonalité basées sur les différences entre les valeurs mesurées des diagonales (voir notes 2 et 3)
mm	mm	mm
< 1 000	± 5	5
1 000 à 2 000 (inclus)	± 7,5	7
> 2 000 à 4 000 (inclus)	± 10	13
> 4 000	+ non limitée - 10	

NOTES

- 1 Si des tolérances plus sévères sont nécessaires, elles doivent être établies par accord entre l'acheteur et le vendeur.
- 2 Les classes de tolérances relatives aux mesures des diagonales sont basées sur la longueur du panneau et non pas sur la largeur.
- 3 Il est autorisé de déterminer l'orthogonalité par des méthodes équivalentes, telles que l'emploi d'un gabarit rectangulaire.

4.3 Les tolérances dimensionnelles sur l'épaisseur doivent être conformes aux valeurs suivantes :

Épaisseur	Tolérance (voir note 1)
mm	mm
< 50	± 2
50 à 75 (inclus)	± 3
> 75 à 100 (inclus)	± 3 (voir note 2)
> 100	À établir par accord entre l'acheteur et le vendeur

NOTES

- 1 Si des tolérances plus sévères sont nécessaires, elles doivent être établies par accord entre l'acheteur et le vendeur.
- 2 Pour les AR/PS-E avec peaux de fabrication, la tolérance d'épaisseur pour cette classe d'épaisseur doit être + 4 mm.

5 Propriétés physiques

5.1 Classes

Les exigences relatives aux propriétés physiques sont présentées sous forme de classes de produits en vue de répondre aux besoins des acheteurs et des vendeurs sur toute une gamme d'emplois potentiels.

Classe I Convient aux applications où l'isolant n'a pas à supporter de charges, telles que l'isolation des espaces d'air à l'intérieur des murs, les combles ventilés, les hourdis, et applications similaires.

Classe II Convient pour les applications où l'isolant est soumis à des charges limitées, comme dans les toitures à étanchéité multicouche, dans les sols sous des planchers répartiteurs de charges et dans des emplois analogues, lorsqu'une température élevée peut exister et qu'une résistance au fluage sous charge de compression est indispensable.

Classe III Convient pour les applications où l'isolant est porteur de charges, telles que les terrasses-parkings, les planchers des entrepôts frigorifiques, et les emplois de même nature, nécessitant des valeurs élevées de résistance à la compression et de résistance au fluage sous charge de compression.

5.2 Sous-classes

Les classes de propriétés des produits sont ensuite subdivisées en sous-classes (A, B, C) selon les valeurs de la conductivité thermique (voir la note). Toutes les valeurs de conductivité thermique spécifiées dans les sous-classes des tableaux 1 et 2 sont des valeurs maximales.

NOTE — Les valeurs de conductivité thermique données dans les tableaux 1 et 2 sont à utiliser uniquement comme valeurs caractérisant des limites de qualité destinées à figurer dans les cahiers des charges liant l'acheteur et le vendeur. Elles ne doivent pas être utilisées pour la conception des ouvrages (voir l'annexe).

5.3 Valeurs limites de qualité

Les matériaux en AR/PS doivent satisfaire aux valeurs limites de qualité relatives aux propriétés physiques spécifiées dans le tableau 1.

Les matériaux en AR/PUR doivent satisfaire aux valeurs limites de qualité relatives aux propriétés physiques spécifiées dans le tableau 2.

1) Pour les définitions de plastique isocyanurate, polyuréthane, et plastique uréthannique, voir ISO 472.

5.4 Comportement au feu

Il est admis qu'il est nécessaire de considérer le comportement au feu de ces matériaux dans leur application envisagée. Jusqu'à ce que des Normes internationales soient disponibles, les pratiques en vigueur dans chaque pays devraient être suivies.

6 Échantillon

6.1 Pour la détermination de la masse volumique, 10 panneaux entiers sont nécessaires.

6.2 Pour toutes les autres déterminations de propriétés physiques et mesures dimensionnelles, trois panneaux entiers sont nécessaires.

7 Vieillissement et conditionnement

7.1 Vieillissement

7.1.1 Il n'est pas imposé de vieillissement pour les matériaux rendus étanches par des surfaçages imperméables et non perforés.

NOTE — Par exemple, il a été vérifié que des surfaçages métalliques d'environ 50 µm d'épaisseur satisfont à cette condition.

7.1.2 Tous les matériaux sans surfaçages étanches non perforés doivent subir un vieillissement dans les conditions ambiantes durant au moins 28 jours à partir de la date de fabrication. Les éprouvettes destinées aux essais de conductivité thermique doivent subir un vieillissement en ayant toutes leurs surfaces exposées à l'air ambiant.

7.2 Conditionnement

Avant les mesurages des dimensions et les essais de propriétés physiques, les éprouvettes doivent être conditionnées, avec toutes leurs surfaces exposées librement, durant au moins 48 h à une température de 23 ± 2 °C et à une humidité relative de 45 % à 55 %. Cette période de conditionnement de 48 h peut être incluse dans la période de vieillissement de 28 jours au titre des deux derniers jours de cette période.

8 Méthodes d'essai

8.1 Dimensions linéaires

Mesurer les dimensions linéaires suivant l'ISO 1923 sur chacun des trois panneaux. Si le matériau est muni d'un surfaçage, que ce soit une peau naturelle ou un revêtement ajouté, les dimensions doivent être déterminées sans l'enlever.

Effectuer cinq mesurages pour chaque dimension à déterminer. Chaque valeur individuelle doit se situer dans les tolérances données en 4.2 et 4.3.

8.2 Masse volumique

Le mesurage de la masse volumique est facultatif pour tous les matériaux dans les pays où un système d'identification de la qualité a été mis en place.

Déterminer la masse volumique de chacun de 10 panneaux entiers suivant l'ISO 845, et indiquer dans le procès-verbal d'essai la valeur moyenne des 10 déterminations. La masse volumique du panneau le plus léger ne doit pas être inférieure à 90 % de la valeur moyenne obtenue pour les 10 panneaux.

Si le panneau comporte une peau de surface naturelle en tant qu'élément intrinsèque du produit fini dans son emploi considéré, la peau de surface ne doit pas être enlevée avant l'essai. Si le matériau a été surfacé par calandrage, stratification ou enduction, déterminer la masse volumique du matériau proprement dit après avoir enlevé le surfaçage.

8.3 Résistance à la compression

Déterminer la résistance à la compression ou la contrainte à 10 % de déformation relative suivant l'ISO 844. Les éprouvettes doivent être soumises à l'essai avec leur peau de surface naturelle si celle-ci fait partie intégrante du produit fini, ou avec les surfaçages appliqués au matériau par calandrage, stratification ou enduction, à moins que les irrégularités de surface n'obligent à enlever la couche superficielle de façon à pouvoir appliquer uniformément la charge.

8.4 Conductivité thermique

Déterminer la conductivité thermique suivant l'ISO 2581 ou suivant une méthode absolue¹⁾ à une température moyenne de 23 °C ou de 10 °C. Les valeurs de conductivité thermique mesurées à l'une de ces températures moyennes peuvent être utilisées pour calculer les valeurs correspondant à l'autre température moyenne à partir d'une relation, établie sur documents, entre la conductivité thermique et la température moyenne. En cas de litige, la conductivité thermique doit être déterminée par essai à la température moyenne correspondant à la valeur indiquée dans le procès-verbal d'essai.

NOTE — Les valeurs ainsi déterminées doivent être utilisées uniquement pour l'établissement des cahiers des charges (voir l'annexe).

8.5 Caractéristiques de stabilité dimensionnelle et de fluage en compression à température élevée

8.5.1 Déterminer la stabilité dimensionnelle à 70 °C durant 48 h suivant l'ISO 2796, à ceci près que l'épaisseur de l'éprouvette doit être égale à l'épaisseur du panneau tel qu'il est vendu. Les peaux de surface ou les surfaçages ne doivent pas être enlevés.

1) Une méthode est à l'étude au sein de l'ISO/TC 163.

8.5.2 Déterminer le fluage sous compression à 20 kPa et à 80 °C durant 48 h suivant l'ISO/TR 2799, à ceci près que les dimensions de l'éprouvette doivent être de $50 \pm 1 \text{ mm} \times 50 \pm 1 \text{ mm} \times$ l'épaisseur du panneau tel qu'il est vendu. Les peaux de surface ou les surfaçages ne doivent pas être enlevés. Si l'épaisseur du produit est supérieure à 50 mm, l'éprouvette doit être un cube d'arête égale à l'épaisseur.

Soumettre les éprouvettes à une charge de 20 kPa en atmosphère satisfaisant aux conditions spécifiées dans l'ISO 291. Après 48 h, soumettre les éprouvettes à une température de 80 °C, sous la même charge, pour une nouvelle durée de 48 h. Indiquer dans le procès-verbal d'essai les différences de compression entre chacune des deux périodes.

8.5.3 Déterminer le fluage sous compression à 40 kPa et à 70 °C durant 7 jours suivant l'ISO/TR 2799, à ceci près que les dimensions de l'éprouvette doivent être de $50 \pm 1 \text{ mm} \times 50 \pm 1 \text{ mm} \times$ l'épaisseur du panneau tel qu'il est vendu. Les peaux de surface ou les surfaçages ne doivent pas être enlevés. Si l'épaisseur du produit est supérieure à 50 mm, l'éprouvette doit être un cube d'arête égale à l'épaisseur. Sauf pour les valeurs de charge et de température, le mode opératoire est identique à celui décrit en 8.5.2.

8.6 Perméabilité à la vapeur d'eau

Déterminer la perméabilité à la vapeur d'eau suivant l'ISO 1663, dans l'une des conditions d'essai ci-après :

- a) 38 °C/0 à 88,5 % d'humidité relative;
- b) 23 °C/0 à 50 % d'humidité relative.

8.7 Absorption d'eau

Le mesurage de l'absorption d'eau est requis uniquement lorsqu'un contact direct du matériau avec l'eau est prévisible dans l'application envisagée, c'est-à-dire dans le cas d'isolation par l'extérieur, d'isolation en toiture inversée et autres applications analogues.

Déterminer l'absorption d'eau suivant l'ISO 2896, à ceci près que les dimensions latérales de l'éprouvette doivent être de

150 mm \times 150 mm et son épaisseur de préférence de 75 mm. Les produits comportant des peaux naturelles ou qui sont commercialisés en épaisseurs inférieures à 75 mm doivent être soumis à l'essai en utilisant des éprouvettes d'épaisseur égale à celle du produit.

8.8 Résistance à la flexion

La résistance à la rupture en flexion déterminée pour les matériaux en AR/PS-M donne une mesure de la qualité de soudure mutuelle des perles expansées. Cet essai doit être conduit suivant l'ISO 1209, à ceci près que les dimensions de l'éprouvette doivent être de 250 mm \times 100 mm \times 20 mm d'épaisseur et que la portée entre appuis doit être de 200 mm, la vitesse de déformation étant de 50 mm/min.

9 Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai doit contenir les indications suivantes :

- a) la référence de la présente Norme internationale;
- b) la marque commerciale du produit et la raison sociale du vendeur, le numéro du lot et la date de fabrication;
- c) le type de produit (AR/PS-M, AR/PS-E, AR/PUR) et toutes autres informations telles que la présence et le type de surfaçage;
- d) les dimensions nominales du produit commercialisé;
- e) les classe et sous-classe de propriétés physiques auxquelles doit satisfaire le produit soumis aux essais;
- f) les conditions d'essai utilisées lorsqu'il y a possibilité de choix (comme dans le cas de la conductivité thermique et du taux de transmission de vapeur d'eau);
- g) tout écart ou toute adjonction par rapport aux dispositions de la présente Norme internationale, décidés par accord entre l'acheteur et le vendeur;
- h) la liste complète de tous les résultats d'essais et comparaison avec les exigences de la présente Norme internationale.

Tableau 1 – Propriétés des AR/PS, types M et E, utilisés pour l'isolation thermique des bâtiments

Propriété	Unité	Classe (5.1) et sous-classe (5.2)						Méthode d'essai
		I	II		III			
			A	B	A	B	C	
Masse volumique (min.) ¹⁾	kg/m ³	15	20	20	30	30	30	ISO 845
Résistance à la compression ou contrainte de compression à 10 % de déformation relative (min.)	kPa	50	100	100	150	150	150	ISO 844
Conductivité thermique (max.) Température moyenne 10 °C/28 jours (min.) ou Température moyenne 23 °C/28 jours (min.)	mW/(m·K)	37	34	37	28	32	37	ISO 2581 ou une méthode absolue
Variation dimensionnelle après 48 h à 70 °C (max.)	%	5	5	5	5	5	5	ISO 2796 modifiée selon 8.5.1
Fluage sous charge de compression (max.) après 48 h à 80 °C sous charge de 20 kPa	%	—	5	5	—	—	—	ISO/TR 2799 modifié selon 8.5.2
Fluage sous charge de compression (max.) après 7 jours à 70 °C sous charge de 40 kPa	%	—	—	—	5	5	5	ISO/TR 2799 modifié selon 8.5.3
Perméabilité à la vapeur d'eau ²⁾ 23 °C/0 à 50 % d'humidité relative	ng/(Pa·s·m)	9,5 à 3,5	4,5 à 0,5	4,5 à 0,5	2,0 à 0,5	2,0 à 0,5	4,5 à 1,0	ISO 1663
Absorption d'eau (max.) ³⁾	% (V/V)	6	4	4	2	2	2	ISO 2896 modifiée selon 8.7
Qualité de fusion (charge de rupture par flexion)	N	15	25	25	35	35	35	ISO 1209 modifiée selon 8.8

1) La masse volumique est facultative pour les pays où un système d'identification de la qualité a été mis en place.

2) Une valeur limite spécifique (maximum ou minimum, selon l'application envisagée) peut être choisie par accord entre l'acheteur et le vendeur.

3) Valeurs requises seulement lorsqu'un contact direct avec l'eau est prévu dans l'application envisagée.

Tableau 2 — Propriétés des AR/PUR utilisés pour l'isolation thermique des bâtiments

Propriété	Unité	Classe (5.1) et sous-classe (5.2)				Méthode d'essai
		II		III		
		A	B	A	B	
Masse volumique (min.) ¹⁾	kg/m ³	30	30	30	30	ISO 845
Résistance à la compression ou contrainte de compression à 10 % de déformation relative (min.)	kPa	100	100	150	150	ISO 844
Conductivité thermique (max.) Température moyenne 10 °C/28 jours (min.) ou Température moyenne 23 °C/28 jours (min.)	mW/(m · K)	22	27	22	27	ISO 2581 ou une méthode absolue
Variation dimensionnelle après 48 h à 70 °C (max.)	%	5	5	5	5	ISO 2796 modifiée selon 8.5.1
Fluage sous charge de compression (max.) après 48 h à 80 °C sous charge de 20 kPa	%	5	5	—	—	ISO/TR 2799 modifié selon 8.5.2
Fluage sous charge de compression (max.) après 7 jours à 70 °C sous charge de 40 kPa	%	—	—	5	5	ISO/TR 2799 modifié selon 8.5.3
Perméabilité à la vapeur d'eau ²⁾ 23 °C/0 à 50 % d'humidité relative 38 °C/0 à 88,5 % d'humidité relative	ng/(Pa · m · s)	6,5 à 1,5	9 à 1,5	6,5 à 1,5	12 à 1,5	ISO 1663
Absorption d'eau (max.) ³⁾	% (V/V)	4	4	3	3	ISO 2996 modifiée selon 8.7

- 1) La masse volumique est facultative pour les pays où un système d'identification de la qualité a été mis en place.
- 2) Une valeur limite spécifique (maximum ou minimum, selon l'application envisagée) peut être choisie par accord entre l'acheteur et le vendeur.
- 3) Valeurs requises seulement lorsqu'un contact direct avec l'eau est prévu dans l'application envisagée.

Annexe

Effets du vieillissement des matériaux alvéolaires sur leur conductivité thermique

(Cette annexe fait partie intégrante de la norme.)

La conductivité thermique des matériaux isolants à base de plastiques alvéolaires est influencée par la composition et la nature chimique du matériau, ses proportions d'alvéoles ouverts et fermés, son taux d'humidité, la température à laquelle le mesurage est effectué et la composition du gaz présent dans les alvéoles. Il est bien connu aussi que la conductivité thermique augmente normalement en fonction du temps à mesurer que la composition du gaz contenu dans les alvéoles se modifie peu à peu. Il est possible de limiter ou de supprimer cet accroissement de température en utilisant des surfacages minces qui entravent ou arrêtent les transferts gazeux.

Pour ces raisons et d'autres encore, par exemple la technique de pose utilisée lors de la construction d'un bâtiment, les valeurs de conductivité thermique spécifiées dans les tableaux 1 et 2 de la présente Norme internationale ne doivent pas être utilisées pour la conception des ouvrages mais uniquement pour l'établissement des cahiers des charges liant l'acheteur et le vendeur.

Sur la base de plus de 20 ans d'expérience, des corrélations dignes de foi ont été établies entre les valeurs des mesures en laboratoire sur les produits récemment fabriqués et la performance d'isolation à long terme sur le terrain. À partir de ces corrélations, diverses méthodes ont été mises au point pour calculer la conductivité thermique des plastiques alvéolaires vieillis à partir des valeurs obtenues en laboratoire (voir la bibliographie).

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 4898:1984](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a5971a88-9d01-4ac6-bfc1-ad72b426b1dc/iso-4898-1984)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a5971a88-9d01-4ac6-bfc1-ad72b426b1dc/iso-4898-1984>

Bibliographie

- [1] BALL, G.W., HEALY, W.G. et PARTINGTON, J.B., *European Journal of Cellular Plastics*, Vol. 1, n° 1 (1978).
- [2] BUTTLER, F. et RADLINSKY, J., Exposé présenté au 9^e Colloque international sur les plastiques mousse, 17 mai 1979, (Dusseldorf). Publié dans *Kunststoffe Fortschrittsberichte*, Vol. 4, *Schaumkunststoffe*, 1979, Carl Hanser Verlag München/Wien.
- [3] ZEHENDNER, H., *Cellular Polymers*, Vol. 1, p. 211 (1982).