

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
30 mai 2003 (30.05.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 03/043805 A2

(51) Classification internationale des brevets⁷ : B29D 11/00

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR02/03932

(22) Date de dépôt international :
18 novembre 2002 (18.11.2002)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
01/15038 19 novembre 2001 (19.11.2001) FR

SAGE, Jean-Marc [FR/FR]; 8 bis, rue du Petit Revoyet,
F-69600 Oullins (FR). BOUTEVIN, Bernard [FR/FR];
1, rue Anselme Mathieu, F-34000 Montpellier (FR).
ROUSSEAU, Alain [FR/FR]; 5, avenue Chancel, F-34090
Montpellier (FR).

(74) Mandataires : FERAY, Valérie etc.; Cabinet
Feray-Lenne, 44/52, rue de la Justice, F-75020 Paris
(FR).

(81) États désignés (national) : CN, JP, KR, US.

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU,
MC, NL, PT, SE, SK, TR).

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : NEX-
ANS [FR/FR]; 16, rue de Monceau, F-75008 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : PAS-
TOURET, Alain [FR/FR]; 36, rue de Courdimanche,
F-91940 Les Ulis (FR). ANDRIEU, Xavier [FR/FR];
13, rue des Noyers, F-91220 Breigny Sur Orge (FR).

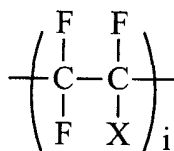
Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport

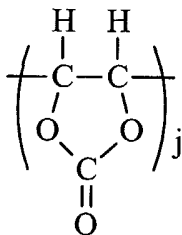
En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrévia-
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et
abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de
la Gazette du PCT.

(54) Title: METHOD FOR MAKING A PLASTIC OPTICAL FIBER, AND RESULTING PLASTIC OPTICAL FIBER

(54) Titre : PROCEDE DE FABRICATION D'UNE FIBRE OPTIQUE PLASTIQUE, ET FIBRE OPTIQUE PLASTIQUE OBTENUE PAR CE PROCEDE



P1



P2

(57) Abstract: The invention concerns a method for making a plastic optical fiber from at least a polymer P, said method being characterized in that said polymer P is a copolymer comprising at least two repeating units P1 and P2 of general formulae (i) and (j), i and j corresponding to a repetitive number of units, said polymer P being transparent, of amorphous type and having a P2 unit content ranging substantially between 30 and 70 mole % for X=F or Cl in P1.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé de fabrication d'une fibre optique plastique à partir d'au moins un polymère P, ledit procédé étant caractérisé en ce

que ledit polymère P est un copolymère comprenant au moins deux unités répétitives P1 et P2 de formules générales suivantes, i et j correspondant à un nombre répétitif d'unités: ledit copolymère P étant transparent, de nature amorphe et ayant une teneur en motif P2 comprise entre sensiblement 30 et 70 % molaire pour X=F ou Cl dans P1.

WO 03/043805 A2

PROCEDE DE FABRICATION D'UNE FIBRE OPTIQUE PLASTIQUE , ET FIBRE OPTIQUE PLASTIQUE OBTENUE PAR CE PROCEDE

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'une fibre optique plastique, ainsi qu'une fibre optique plastique obtenue par ce
5 procédé. Elle concerne notamment les fibres optiques plastiques à saut d'indice et celles à gradient d'indice.

Les fibres optiques plastiques à saut d'indice, utilisables dans une gamme spectrale couvrant le visible jusqu'au proche infrarouge, sont intéressantes car leur installation est plus simple que celle des fibres en
10 silice du fait de leur diamètre plus important. Les fibres optiques plastiques à gradient d'indice, utilisables dans la même gamme spectrale, sont intéressantes car elles peuvent être appliquées aux réseaux d'accès large bande. Une fibre optique plastique à gradient d'indice comprend au moins un polymère de base et un autre composé, appelé dopant, comprenant un
15 ou plusieurs monomères ou polymères. La proportion du polymère de base est sensiblement la même sur toute la fibre et la proportion du dopant varie du cœur à la périphérie de la fibre de façon à former le gradient ou le saut d'indice désirés.

La fabrication de telles fibres optiques plastiques, notamment de
20 celles à gradient d'indice, est délicate, car il faut réaliser une distribution du dopant variant du cœur à la périphérie d'une fibre optique plastique. En effet, la fibre doit posséder un profil d'indice de réfraction de type gradient d'indice le plus régulier possible, dont la variation d'indice de réfraction entre le centre et la périphérie de la fibre est généralement
25 comprise entre 0,01 et 0,03.

Pour fabriquer ces fibres à gradient d'indice, on connaît par le document EP-1 067 222 un procédé de fabrication d'une fibre optique plastique à gradient d'indice dont l'indice varie continûment entre le centre et la périphérie de la fibre.

Selon ce procédé, la fibre est fabriquée à partir d'au moins un polymère P et d'au moins un diluant réactif D1 servant de dopant permettant de faire varier son indice de réfraction.

Ce procédé comprend les étapes suivantes :

- 5 • préparation de deux compositions d'indice de réfraction différent, la différence d'indice de réfraction entre les deux compositions étant au moins de 5.10^{-3} , comprenant chacune au moins le polymère P, l'une des compositions, dite première composition, comprenant en outre au moins le diluant réactif D1, un amorceur de polymérisation radicalaire étant
10 présent dans au moins l'une des compositions,
- mélange actif des deux compositions afin d'obtenir la variation continue de l'indice de la fibre optique
- filage du mélange
- réticulation du mélange conduisant à une fibre optique plastique à
15 gradient d'indice de réfraction.

Selon ce procédé, on choisit en outre le polymère P et le diluant réactif D1 tels que :

- le polymère P est de masse molaire comprise entre 1 000 et 20 000 g.moles⁻¹ et le diluant réactif D1 est de masse molaire comprise
20 entre 100 et 1 000 g.moles⁻¹,
- le diluant réactif D1 comprend au moins un groupement insaturé réactif vis-à-vis des UV tels que les groupements vinyliques et les groupements acryliques.

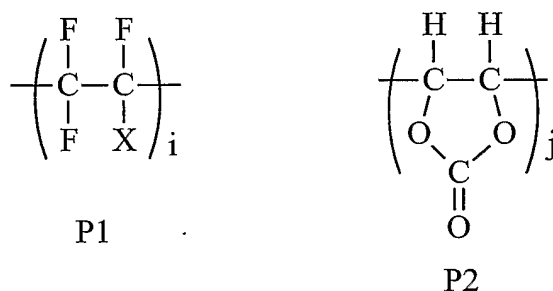
Les masses molaires mentionnées ci-dessus sont des masses
25 molaires moyennes en nombre. C'est également le cas des masses molaires mentionnées dans tout ce qui suit.

Selon le document mentionné précédemment, un polymère de base préféré est du type poly (α fluoro) méthacrylate, et plus généralement de type PMMA (polyméthylméthacrylate).

Or, du fait de l'absorption élevée des liaisons C-H de ce polymère, l'application des fibres obtenues à partir de ce dernier est limitée aux longueurs d'onde visibles, inférieures à 800 nm.

Le but de la présente invention est donc de mettre au point un
5 procédé de fabrication d'une fibre optique à gradient d'indice permettant d'obtenir des fibres optiques plastiques capables de fonctionner aux longueurs d'ondes supérieures à 500 nm sans entraîner d'atténuation prohibitive du signal optique transmis.

La présente invention propose à cet effet un procédé de fabrication
10 d'une fibre optique plastique à partir d'au moins un polymère P, ledit procédé étant caractérisé en ce que ledit polymère P est un copolymère comprenant au moins deux unités répétitives P1 et P2 de formules générales suivantes, i et j correspondant à un nombre répétitif d'unités :



15

ledit copolymère P étant transparent, de nature amorphe et ayant une teneur en motif P2 comprise entre sensiblement 30 et 70% molaire pour X=F ou Cl dans P1.

Grâce à l'utilisation, dans les procédés connus, du copolymère
20 mentionné ci-dessus, qui présente les propriétés optiques et thermomécaniques requises pour la fabrication de fibres optiques plastiques, ce copolymère étant incolore et transparent, soluble dans les solvants usuels (acétone, THF, acétate d'éthyle notamment), de température de transition vitreuse supérieure à 60°C, on peut obtenir des
25 fibres optiques plastiques, notamment à gradient d'indice, ayant une

atténuation plus faible que celle des fibres obtenues à partir des polymères de l'art antérieur.

Les procédés selon l'invention s'appliquent aussi bien à la fabrication de fibres optiques à gradient d'indice qu'à celle de fibres à saut
5 d'indice.

Le copolymère P peut être obtenu à partir de chlorotrifluoroéthylène ou de tétrafluoroéthylène, monomères fluorés industriels, et de carbonate de vinylène, monomère non halogéné facilement accessible.

10 Le copolymère contenant beaucoup de fluor et donc moins d'hydrogène que les polymères de l'art antérieur de type PMMA, ce qui conduit à une transparence accrue, et ayant une structure cyclique, ce qui conduit à une structure amorphe et donc à des propriétés de transmission optique améliorées, les fibres obtenues par le procédé selon l'invention
15 sont particulièrement adaptées aux applications aux longueurs d'onde supérieures à 500 nm, typiquement dans les fenêtres de transmission se situant autour de 650, 850, 1300 et 1550 nm.

De manière très avantageuse, dans un premier mode de réalisation, la présente invention propose un procédé de fabrication d'une fibre
20 optique plastique à saut d'indice, dont l'indice varie de manière discontinue entre le centre et la périphérie de la fibre, ou à gradient d'indice dont l'indice varie continûment entre le centre et la périphérie de la fibre, à partir d'au moins ledit polymère P et d'au moins un diluant réactif D1 permettant de faire varier l'indice de réfraction de ladite fibre,
25 ledit procédé comprenant les étapes suivantes :

- préparation de deux compositions d'indice de réfraction différent, la différence d'indice de réfraction entre les deux compositions étant au moins de $5 \cdot 10^{-3}$, comprenant chacune au moins le polymère P, l'une des compositions, dite première composition, comprenant en outre au moins
30 le diluant réactif D1, un amorceur de polymérisation radicalaire étant présent dans au moins l'une des compositions,

filage

- réticulation du diluant réactif conduisant à une fibre optique plastique.

Lorsque la fibre optique plastique est une fibre à gradient d'indice, ledit procédé comprend en outre, après l'étape de préparation desdites
5 compositions, une étape de mélange actif des deux compositions afin d'obtenir la variation continue de l'indice de réfraction de la fibre optique, suivie du filage dudit mélange.

Avantageusement, la réticulation est une photo-réticulation et l'amorceur est un photo-amorceur.

10 De manière avantageuse, la masse molaire du polymère P est comprise entre 1000 et 20000 g.moles⁻¹ et le diluant réactif D1 a une masse molaire comprise entre 100 et 1000 g.moles⁻¹. Ces choix limitent la viscosité de la composition et facilitent le filage.

De manière avantageuse encore, le diluant réactif D1 comprend au
15 moins un groupement insaturé réactif vis-à-vis des UV choisi dans le groupe formé par les groupements vinyliques et les groupements acryliques.

Un mélange actif selon le procédé de l'invention est un mélange que l'on aide à se former, c'est-à-dire qui ne se réalise pas seulement par diffusion ; ce mélange actif peut être obtenu de façon statique en forçant
20 par un moyen de diffusion statique le mélange des deux compositions, le plus souvent par écoulement forcé, ou par un moyen dynamique qui réalise de façon active un tel mélange. Un tel procédé a l'avantage d'être rapide, notamment beaucoup plus rapide que si l'on utilise seulement la diffusion
25 entre les compositions, et de permettre l'obtention d'un gradient de concentration et donc d'indice de réfraction continu et pratiquement régulier.

La cinétique de réticulation est généralement telle que, sous insolation maximale et transformation complète du photo-amorceur, le temps de gel est inférieur à 10 s, de préférence inférieur à 2 s.

30 Selon le procédé de l'invention, le filage du mélange à gradient d'indice est suivi d'une réticulation photochimique ou thermique du diluant

réactif conduisant à l'obtention d'un réseau tridimensionnel réticulé. Ce processus permet avantageusement de figer au moins en partie les composants de la fibre optique plastique. La fibre optique plastique ainsi obtenue ainsi que son gradient d'indice possèdent par conséquent une

5 stabilité dans le temps et une stabilité en température. Dans un tel cas, généralement au moins une des deux compositions comprend un monomère ; de plus, au moins l'une des deux compositions comprend au moins un amorceur de polymérisation radicalaire, et de préférence chacune

10 radicalaire. L'amorceur de polymérisation radicalaire est un composé qui permet de générer des radicaux amorceurs par décomposition thermique ou photo-chimique la réaction de réticulation.

Selon un mode de réalisation, la seconde composition comprend au moins un diluant réactif D2 permettant lui aussi de faire varier l'indice de

15 réfraction, le diluant réactif D2 étant d'indice de réfraction sensiblement différent de l'indice de réfraction de D1, ayant une masse molaire comprise entre 100 et 1000 g.moles⁻¹, et comprenant au moins un groupement insaturé réactif vis-à-vis des UV choisi dans le groupe formé par les groupements vinyliques et les groupements acryliques.

20 De préférence, les diluants réactifs D1 et D2 sont de viscosités respectives pratiquement identiques et la proportion en masse du polymère P par rapport aux constituants de la composition est pratiquement constante pour chacune des compositions. Ainsi le procédé est plus facile à mettre en œuvre car la variation de la proportion en diluant(s) réactif(s) D1

25 et/ou D2, permettant principalement de moduler l'indice de réfraction, n'influence pas de façon significative la viscosité des compositions.

Selon un mode de réalisation du procédé selon l'invention, dans le cas de la fibre optique à gradient d'indice, le mélange des deux compositions est réalisé à une température telle que la viscosité à 20°C de

30 chacune des deux compositions est comprise entre 1 et 25 Pa.s, de préférence entre 1 et 15 Pa.s. Ceci permet avantageusement de faciliter la

mise en œuvre du procédé selon l'invention, car une telle viscosité permet de procéder au mélange de compositions relativement fluides.

Selon un mode de réalisation du procédé selon l'invention, le filage est réalisé à une température telle que la viscosité de chacune des deux
5 compositions est supérieure à 500 mPa.s, de préférence supérieure à 1000 mPa.s.

Les groupements réactifs portés par les constituants D1 et D2 sont choisis dans le groupe formé par les groupements vinyliques et les groupements acryliques, c'est-à-dire choisis notamment parmi les acrylates,
10 les méthacrylates, les éthers vinyliques ou les éthers de propényle, ces groupements pouvant être au moins partiellement halogénés, le plus souvent fluorés et/ou chlorés.

Dans un mode de réalisation du procédé selon l'invention, tout composant d'une des compositions est un matériau au moins partiellement
15 halogéné, le plus souvent fluoré et/ou chloré.

Selon une variante du procédé selon l'invention, dans le cas de la présence de diluant réactif D2 dans la seconde composition, l'un des deux diluants réactifs D1 ou D2 est au moins partiellement fluoré et l'autre des deux diluants réactifs D2 ou D1 est au moins partiellement chloré ou
20 chloro-fluoré, et donc d'indice de réfraction sensiblement supérieur à celui du monomère au moins partiellement fluoré.

Dans un deuxième mode de réalisation, la présente invention propose un procédé de fabrication d'une fibre optique plastique à gradient d'indice dont l'indice varie continûment entre le centre et la périphérie de
25 la fibre, à partir d'au moins ledit polymère P et d'au moins un dopant D permettant de faire varier l'indice de réfraction de ladite fibre, l'indice de réfraction dudit dopant D étant supérieur à celui dudit polymère P, ledit procédé comprenant les étapes suivantes :

- fusion du polymère P dans un tube
- 30 • mise en rotation dudit tube autour de son axe

- refroidissement dudit tube de manière à former à l'intérieur dudit tube un corps tubulaire en polymère P
 - introduction dudit dopant D dans ledit corps tubulaire formé par le polymère P
- 5
- chauffage et mise en rotation dudit tube autour de son axe de manière à faire diffuser thermiquement ledit dopant D à travers ledit polymère P et à former un corps tubulaire de polymère P dopé
 - refroidissement pour obtenir une préforme tubulaire
 - étirage de ladite préforme tubulaire reliée à une pompe à vide pour
- 10 former une fibre optique plastique.

Dans un troisième mode de réalisation, la présente invention propose un procédé de fabrication d'une fibre optique plastique à saut d'indice dont l'indice varie de manière discontinue entre le centre et la périphérie de la fibre, à partir d'au moins ledit polymère P, ledit polymère

15 P étant filé à l'état fondu et simultanément revêtu d'une résine photoréticulable d'indice de réfraction inférieur à celui du polymère P, qui est ensuite photopolymérisée.

Enfin, dans un quatrième mode de réalisation, la présente invention propose un procédé de fabrication d'une fibre optique plastique à

20 saut d'indice dont l'indice varie de manière discontinue entre le centre et la périphérie de la fibre, à partir d'au moins ledit polymère P, par coextrusion dudit polymère P avec un autre polymère d'indice de réfraction inférieur à celui dudit polymère P.

Le procédé selon l'invention peut bien entendu être également mis

25 en œuvre pour la fabrication de guides d'ondes optiques.

La présente invention concerne également une fibre optique plastique à gradient d'indice obtenue par le procédé selon l'invention, ainsi qu'un guide d'ondes optique obtenu par ce procédé.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention

30 apparaîtront dans la description suivante d'une mode de réalisation de l'invention, donné à titre illustratif et nullement limitatif.

Dans les figures suivantes :

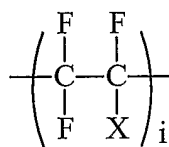
- la figure 1 représente schématiquement un dispositif permettant de mettre en œuvre le procédé selon l'invention.
- la figure 2 représente une vue schématique du profil d'indice d'une fibre optique obtenue au moyen du dispositif de la figure 1
- la figure 3 montre les spectres d'atténuation d'une fibre optique plastique à gradient d'indice obtenue à partir de procédés de l'art antérieur et d'un procédé selon l'un des modes de réalisation de l'invention.

10 Dans toutes ces figures, les éléments communs portent les mêmes numéros de référence.

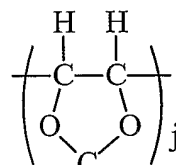
Selon le procédé de l'invention, on prépare deux compositions, comprenant chacune un copolymère P. L'une de ces compositions comprend en outre au moins un diluant réactif D1, qui est de préférence un monomère. Eventuellement, l'autre composition comprend au moins un diluant réactif D2, qui est également de préférence un monomère. La concentration de D1 est différente dans chacune des deux compositions, ce qui donne un indice de réfraction différent à chaque composition. Les deux valeurs ainsi obtenues d'indice de réfraction constituent le maximum et le minimum de la courbe de gradient d'indice de forme parabolique que l'on cherche à obtenir pour la fibre optique plastique issue du procédé (voir figure 2).

20

Le copolymère P utilisé dans le procédé de l'invention comprend les unités répétitives P1 et P2 représentées ci-dessous.



P1



P2

25

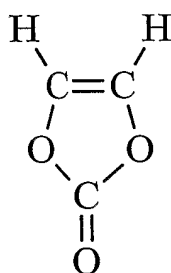
L'unité P1 est issue de la polymérisation de i monomères M1 et l'unité P2 est issue de la polymérisation de j monomères M2.

Le monomère M1 est un monomère fluoré représenté par la formule générale suivante : $CF_2=CFX$, dans laquelle X est soit :

- 5 - un atome de fluor, auquel cas M1 est le tétrafluoroéthylène ;
- un atome de chlore, auquel cas M1 est le chlorotrifluoroéthylène.

Les entités répétitives P1 peuvent être issues d'un mélange de monomères de formule M1.

Le comonomère M2 donnant lieu aux entités répétitives P2 est le
10 carbonate de vinylène de formule suivante:



M2

Comme procédé permettant d'obtenir le copolymère P, on peut utiliser tout procédé de polymérisation connu de l'homme de l'art utilisant
15 un milieu solvant, en suspension dans l'eau ou en émulsion par exemple. On préférera généralement travailler en milieu solvant afin de contrôler l'exothermicité de la polymérisation et favoriser un mélange intime des différents monomères.

Parmi les solvants couramment utilisés, on peut citer l'acétate
20 d'éthyle, de méthyle ou encore de butyle, les solvants chlorofluorés comme le F141b® ($CFCl_2-CH_3$) ou le F113® ($CF_2Cl-CFCl_2$).

Comme amorceur de polymérisation radicalaire, on peut employer des générateurs de radicaux libres tels que les dérivés peroxydes, hydroperoxydes, percarbonate ou encore des composés diazoïques comme

l'azobisisobutyronitrile (AIBN). On peut également, dans les cas de procédés menés en milieu aqueux, utiliser des générateurs de radicaux libres inorganiques comme les persulfates ou des combinaisons dites rédox.

La température de polymérisation est dictée, en général, par la
5 vitesse de décomposition de l'amorceur choisi et est, en général, comprise entre 0 et 200°C de préférence entre 40 et 120°C.

La pression est, en général, comprise entre la pression atmosphérique et une pression de 50 bars, plus particulièrement entre 2 bars et 20 bars.

10 Afin de mieux contrôler la composition du copolymère P, il est également possible d'introduire en tout ou partie les monomères ainsi que l'initiateur de polymérisation de façon continue ou par fraction au cours de la polymérisation.

Le copolymère P utilisé dans le procédé selon l'invention possède
15 une température de transition vitreuse (Tg) située entre 60 et 160°C, de préférence entre 80 et 140°C. Cette température de transition vitreuse est principalement liée à la teneur en motifs P2 présents dans le copolymère. La transparence du polymère obtenu dépend également de la teneur en motifs P2.

20 La teneur en motif P2, unité répétitive issue de la polymérisation de monomères M2, peut varier dans le copolymère en fonction de la nature de X dans P1. Pour X=F ou Cl dans P1, la teneur en motif P2 dans le copolymère est comprise entre sensiblement 30 et 70% molaire.

Sans porter préjudice à l'invention, on peut également introduire
25 un troisième monomère lors de la polymérisation à condition que sa teneur reste inférieure à 15 % molaire dans le copolymère formé.

Le polymère P du procédé selon l'invention a une masse molaire moyenne en nombre (M_n) comprise entre 500 et 10^6 g.moles⁻¹ et de préférence entre 10^3 et 10^4 g.moles⁻¹.

30 Nous allons maintenant illustrer l'invention en présentant des exemples de réalisation du copolymère P.

Les réactifs, initiateurs et solvants utilisés sont abrégés :

CTFE : chlorotrifluoroéthylène $\text{CF}_2=\text{CFCl}$

TFE : tétrafluoroéthylène $\text{CF}_2=\text{CF}_2$

VCA : carbonate de vinylène

5 **TBPP** : perpivalate de tertiobutyle, à 75% en masse dans l'isododécane

F141b® : 1,1,1-dichlorofluoroéthane

Les M_n (masses molaires moyennes en nombre) sont déterminées par analyse CES (chromatographie d'exclusion stérique). On utilise un
10 appareillage de la société Spectra Physic « Winner Station ». La détection est effectuée par indice de réfraction. La colonne est une colonne mixed C PL gel de 5 microns de la société Polymer Laboratory et le solvant utilisé est le THF à un débit de 0,8 ml/min. Les masses molaires en nombre (M_n) sont exprimées en g.moles^{-1} par rapport à un standard polystyrène.

15 Les T_g (températures de transition vitreuse) sont déterminées par calorimétrie différentielle à balayage (DSC en anglais). On effectue une première montée en température à $20^\circ\text{C}/\text{min}$ suivie d'un refroidissement puis une deuxième montée en température au cours de laquelle sont relevées les T_g ou les T_f (températures de fusion). La plage de température
20 est de 50°C à 200°C si la T_g est supérieure à 60°C .

Les taux de chlore sont déterminés de façon classique par minéralisation en bombe de PARR avec Na_2O_2 puis dosage des chlorures par argentimétrie.

25 Exemple 1

[M1/M2 : CTFE/VCA]

On opère dans un réacteur en acier inoxydable de 160 ml, purgé deux à trois fois avec 5 bars d'azote. On introduit par aspiration dans le réacteur sous vide (environ 100 mbars de pression), 50 ml d'une solution de
30 F141b® contenant 0,6 ml (soit 2,25 mmoles) d'amorceur TBPP et 8,53 g (soit 99 mmoles) de VCA. On introduit ensuite 11 g (soit 94,5 mmoles) de

CTFE. Le milieu réactionnel est chauffé à 80°C pendant 2h30 sous agitation avec une pression initiale d'environ 10 bars. Après réaction, le contenu de l'autoclave est évaporé partiellement, précipité à l'heptane puis séché sous vide.

- 5 On obtient ainsi 16,2 g de copolymère soluble dans les solvants usuels (acétone, THF). Les analyses réalisées sur le copolymère obtenu dans l'exemple 1 indiquent un rapport molaire P1/P2 de 47/53, une M_n de 7400 g.moles⁻¹ et une Tg de 120°C. Par mise en solution dans l'acétate d'éthyle et évaporation, on obtient un film incolore transparent.

10

Exemple 2

[M1/M2 : CTFE/VCA]

On opère de la même manière que dans l'exemple 1 avec les mêmes réactifs et les mêmes proportions en employant le solvant acétate d'éthyle à la place du F141b®. En fin de réaction, on obtient une solution de polymère dans l'acétate d'éthyle. Le solvant est évaporé jusqu'à
15 obtenir un volume d'environ 20 ml puis on précipite le produit de la réaction au n-heptane. Le polymère précipité est filtré puis séché sous vide à 60°C. On obtient 10 g d'un copolymère incolore, transparent, soluble
20 dans le THF ou l'acétone. Le rapport molaire P1/P2 est de 49/51 et la Tg de 106°C.

On prélève 1 g de ce copolymère que l'on met en solution dans 3 ml d'acétate d'éthyle. La solution ainsi obtenue est parfaitement limpide. On dépose cette solution dans un cristalliseur plat de 7 cm de diamètre et on
25 laisse évaporer le solvant pendant 3 jours à température et atmosphère ambiantes. Le film ainsi obtenu est parfaitement transparent et limpide.

Exemples 3 à 7

On réalise des exemples comparatifs 3, 5, 6, et 7 ainsi qu'un
30 exemple 4 en opérant de la même manière qu'à l'exemple 2 avec les quantités de réactifs CTFE et VCA indiquées dans le TABLEAU 1 ci-après.

Dans les exemples et comparatifs du **TABLEAU 1** sont mis en jeu au début de la réaction x mmoles de CTFE et y mmoles de VCA, x et y ayant les valeurs suivantes selon les exemples :

- Exemple 1 : x = 94,5 et y = 99
- 5 Exemple 2 : x = 95 et y = 98
- Exemple comparatif 3 : x = 186 et y = 40
- Exemple 4 : x = 86 et y = 174
- Exemple comparatif 5 : x = 181 et y = 10,5
- Exemple comparatif 6 : x = 43 et y = 174
- 10 Exemple comparatif 7 : x = 0 et y = 180.

Les rapports molaires P1/P2, le rendement de polymère obtenu en % molaire, l'aspect de la solution de polymère obtenue à l'issue de la réaction de polymérisation de M1 et M2 et l'aspect du film dudit polymère sont reportés dans le **TABLEAU 1** pour les exemples 1 à 7.

15

TABLEAU 1

Exemple	Pourcentage molaire P1/P2 (1)	Rendement (%)	Aspect de la solution (2)	Observations concernant le film obtenu
1	47/53	#	Limpide	Transparent TG 120°C
2	49/51	51%	Limpide	Transparent Tg 106°C
3	85/15	28%	Limpide	Transparent Tg <50°C
4	33/67	49%	Limpide	Transparent
5	95/5	5%	Limpide	Opalescent
6	20/80	60%	Présence importante d'insolubles	Transparent + insolubles opaques
7	0/100	70%	Présence d'insolubles	Insolubles opaques

(1) P1 ayant pour comonomère M1 le CTFE et P2 ayant pour comonomère

20 M2 le VCA.

(2) solution : 1 g de polymère dans 3 ml d'acétate d'éthyle .

On constate que pour les exemples 1, 2 et 4 comprenant des rapports molaires P1/P2 compris entre sensiblement 70/30 et 30/70 avec M1 = CTFE et M2 = VCA, la solution de copolymère P obtenue est limpide et le film de copolymère obtenu après évaporation du solvant de ladite solution est un solide transparent. On constate que dans le cas des exemples comparatifs 3, 5, 6 et 7, comprenant des rapports molaires P1/P2 situés en dehors de la plage citée précédemment, le film de copolymère est un solide non transparent.

10

Exemple 8

[M1/M2 : TFE/VCA]

On opère de la même manière qu'à l'exemple 2 mais avec 7 g (soit 81,3 mmoles) de VCA et 11 g (soit 110 mmoles) de TFE à la place du CTFE. On obtient 14,6 g de copolymère. Le copolymère est très soluble dans l'acétone ou le THF. Par évaporation de l'acétone, on obtient un film incolore, transparent. L'analyse RMN ¹⁹F indique un rapport molaire P1/P2 de 70/30. La Tg du copolymère est de 82 °C (analyse DSC).

D'autres essais ont également été menés avec M1 = TFE et M2 = VCA. On a pu constater que pour des rapports molaires P1/P2 compris entre sensiblement 70/30 et 30/70, on obtenait des films de copolymères sensiblement transparents.

Une fois le copolymère P obtenu par exemple selon l'un des exemples décrits ci-dessus, on prépare les deux compositions C1 et C2 permettant de conduire à la fabrication d'une fibre optique selon l'invention par un procédé de type UV.

On fabrique deux compositions différentes, comportant un photo-amorceur commercial, le copolymère réactif P de l'exemple 1, 2 ou 3 ci-dessus, et un diluant réactif composé de deux monomères en proportions différentes selon la composition, les deux monomères étant (D1) et (D2)

Le photo-amorceur peut être par exemple une α -hydroxycétone (IRGACURE 184, DAROCUR 1173), une mono acyl phosphine (DAROCUR TPO) ou une bis acyl phosphine (IRGACURE 819).

D1 et D2 peuvent être des monomères possédant au moins une
5 fonction acrylique, méthacrylique, α -fluoroacrylique, α,β -difluoroacrylique ou vinylique comportant des groupements halogénés (fluorés et chlorés).

Le **TABLEAU 2** ci-après résume la constitution et les propriétés des compositions C1 et C2, préparées à partir du mélange de copolymère P de l'exemple 1, le diluant réactif D1 étant l'acrylate de trifluoroéthyle (dont
10 l'homopolymère à 20°C a un indice de réfraction égale à 1,407), et le diluant réactif D2 étant le méthacrylate de trifluoroéthyle (dont l'homopolymère à 20°C a un indice de réfraction égal à 1,437). Le photo-amorceur est de la classe des bis acyl phosphines (BAPO - IRGACURE 819). Les quantités sont calculées pour 700 grammes de composition.

15

TABLEAU 2

Composition	Quantité de D1 (en g)	Quantité de D2 (en g)	Quantité de P (en g)
C1	35	315	350
C2	140	210	350

On voit que le rapport, en % poids, du copolymère P sur la somme
20 des constituants de chaque composition est constant, tandis qu'au sein du diluant réactif la proportion relative, en % massique de D1 par rapport à la somme de D1 et D2, varie d'une composition à l'autre. Ceci permet de contrôler la viscosité des deux compositions tout en faisant varier l'indice de réfraction de chacune de ces compositions .

25 Selon le procédé de l'invention, pour réaliser une fibre à gradient d'indice, on crée la variation d'indice continue par réalisation d'un mélange actif des deux compositions C1 et C2 de départ. Pour cela, la mise en

œuvre du procédé selon l'invention se fait par un moyen de mélange qui peut être un mélangeur de type statique ou dynamique. Cette mise en œuvre est expliquée en détail dans le document EP-1 067 222 qui est incorporé ici par référence. On ne reviendra donc pas plus ici sur le
5 fonctionnement du mélangeur statique ou dynamique utilisé dans le procédé selon l'invention, et l'on se contentera de décrire simplement le procédé de l'invention dans sa mise en œuvre à l'aide de l'un des mélangeurs statiques décrits dans le document EP-1 067 222.

La figure 1 représente une vue en coupe très schématique, dans un
10 plan comprenant un axe central X, d'un dispositif de fabrication d'une fibre optique selon le procédé de l'invention.

Le dispositif 10 comprend un mélangeur 1 statique. Les compositions C1 et C2 du tableau ci-dessus y sont mélangées.

Le mélangeur 1 comporte deux cylindres concentriques 3 et 4
15 servant de réservoirs aux compositions C1 et C2. C'est l'enceinte cylindrique 8 du mélangeur 1 qui sert de réservoir 4 à la composition C2. La composition C1 de plus fort indice de réfraction est placée dans le réservoir central 3.

L'enceinte 8 comprend une fermeture supérieure étanche 8d qui
20 comporte deux entrées respectives 8g et 8f permettant d'assurer une pression contrôlée dans chacun des réservoirs respectifs 3 et 4, par exemple au moyen de deux pompes volumétriques (non représentées). Ainsi une pression contrôlée peut être appliquée sur les deux compositions C1 et C2 afin d'obtenir un écoulement identique si les deux compositions
25 C1 et C2 ont la même viscosité. Mais il est aussi possible d'appliquer des pressions contrôlées différentes pour les ouvertures 8f et 8g, par exemple si l'on veut un écoulement différent pour chaque composition C1 ou C2 dans le cas de deux compositions C1 et C2 de viscosités différentes. L'enceinte 8 comprend aussi une zone 8e où les deux réservoirs 3 et 4 sont
30 concentriques, isolés l'un de l'autre, ainsi qu'une zone 8a dont la limite supérieure est le bas du réservoir central 3 et dont la limite inférieure est

le bas du réservoir périphérique 4. La zone 8a correspond à une zone de mélange des deux compositions C1 et C2 par le mélangeur 1, à savoir un ensemble 2 de plaques (2a, 2b) superposées et perforées de trous 12. L'enceinte 8 comprend encore une zone conique 8b où se produit une
5 variation homothétique de la section, et enfin une zone calibrée 8c comprenant une filière 15, qui donne l'ordre de grandeur désiré au diamètre d'une fibre optique plastique à gradient d'indice 6 obtenue. La filière 15 est une pièce rapportée, ce qui permet de changer aisément de calibrage sans avoir à changer de mélangeur 1.

10 Le mélangeur 1 comporte dans sa zone 8a au moins deux, et ici sept, plaques (2a, 2b) perforées superposées les unes au dessus des autres. Cet ensemble 2 de plaques (2a, 2b) est placé à l'extrémité inférieure du réservoir central 3 de manière à assurer un mélange radial des compositions C1 et C2. On obtient un mélange 5 présentant un gradient de
15 concentrations des compositions C1 et C2, dans la zone 8a. Le mélange 5 se forme grâce à la superposition des plaques (2a, 2b). Chaque plaque 2a (respectivement 2b) comporte des trous 12, généralement disposés en opposition les uns par rapport aux autres d'une plaque 2a à une plaque voisine 2b (respectivement d'une plaque 2b à une plaque voisine 2a). Dans
20 la représentation de la figure 1, il existe deux types de plaques, les plaques 2a, au nombre de quatre, et les plaques 2b, au nombre de trois, chacune des plaques 2a ou 2b comportant approximativement le même nombre de trous 12.

Le mélange 5 ainsi obtenu est amené à la filière 15 calibrée de la
25 zone 8c de l'enceinte 8 par la zone conique 8b dont la limite supérieure est l'extrémité inférieure de la dernière plaque 2a. Cette variation homothétique permet de conserver la forme de la variation de concentration des compositions C1 et C2.

En sortie de filière 15, le fil obtenu, qui est une fibre optique
30 plastique à gradient d'indice, 6, est étiré par un cabestan 10. Selon un mode de réalisation, la fibre optique plastique 6 est durcie par photo-

réticulation à l'aide d'une source 7 de rayons ultra-violets (UV) en une fibre optique plastique polymérisée 9. Puis, au moyen du cabestan 10, la fibre optique plastique 9 est enroulée sur une bobine 11. Le diamètre de la fibre 9 est donné par la filière 15, mais il peut être affiné selon la force de
5 le filage réalisé au moyen du cabestan 10. On peut utiliser indifféremment l'une des fibres optiques plastiques 6 ou 9 en tant que produit fini selon l'invention.

La figure 2 représente une vue schématique du profil d'indice obtenu pour une fibre optique fabriquée par le dispositif de la figure 1. On
10 voit le profil de l'indice de réfraction n de la fibre optique 6 de la figure 1, pratiquement lissé de façon à former un gradient de forme parabolique, en fonction de la distance r au centre de la fibre 6, qui est sur l'axe X.

La fibre ainsi obtenue est donc une fibre à gradient d'indice, mais le procédé ci-dessus peut également permettre d'obtenir une fibre à saut
15 d'indice. Dans ce cas, on ne procède pas au mélange actif des compositions C1 et C2. C1 et C2 sont alors introduites dans un pot répartiteur prolongé d'une filière, où le diamètre final de la fibre et la proportion de cœur et de gaine sont gouvernés par la pression et la température des compositions C1 et C2 ainsi que par le diamètre de la filière.

20 La présente invention concerne également d'autres types de procédés pour obtenir des fibres optiques plastiques.

Ainsi, pour fabriquer une fibre optique plastique à gradient d'indice, on peut utiliser un procédé tel que celui décrit dans le document US-6 071 441, dit procédé préforme.

25 Selon un exemple de mise en œuvre, pour la fabrication de la préforme, 100 g de polymère P du type copolymère CTFE /VCA dont la proportion molaire en motif CTFE varie entre 30 et 70% de masse molaire moyenne de $5 \cdot 10^5$ environ sont fondus à une température comprise entre 200 et 250°C dans un tube cylindrique en verre, sans le remplir
30 entièrement de sorte qu'un espace vacant est ménagé dans le tube contenant le polymère P avant de sceller celui-ci sous vide. Le tube en

verre est alors placé en position horizontale dans un four. Il est ensuite soumis à un mouvement de rotation autour de son axe horizontal (dont la vitesse est fixée à 2 000 tours/minute), et le four est porté à une température telle que la viscosité du polymère P fondu est comprise entre
 5 10^3 et 10^5 poise, pendant trois heures. Le tube est ensuite refroidi progressivement pendant une heure. Le corps tubulaire ainsi obtenu a un diamètre extérieur de 17 mm et un diamètre intérieur de 5 mm, et son indice de réfraction est de 1,45.

Un dopant D est alors introduit dans la partie centrale de ce corps
 10 tubulaire, toujours dans le tube de verre. Sa proportion est de 4% en poids par rapport au polymère P. Pour que le dopant soit adapté au matériau utilisé, il est préférable qu'il remplisse les deux conditions suivantes:

- son indice de réfraction n est supérieur à celui du polymère P
- la différence des paramètres de solubilité du polymère P et du
 15 dopant D, $|\delta_P - \delta_D|$ est inférieure ou égale à $7 (\text{cal}/\text{cm}^3)^{1/2}$.

Le Tableau 3 suivant rassemble quelques exemples de composés pouvant être en mesure d'être utilisés en tant que dopant D pour cette application.

TABLEAU 3

20

Dopant D	n	$\delta (\text{cal}/\text{cm}^3)^{1/2}$
Benzyl phtalate-n-butyl	1.575	9.64
1-methoxyphenyl-1-phényléthane	1.571	9.74
Benzylbenzoate	1.568	10.7
Bromobenzene	1.557	9.9
o-dichlorobenzene	1.551	10.0
m-dichlorobenzene	1.543	9.9
1,2-dibromoethane	1.538	10.4
3-phenyl-1-propanol	1.532	11.4

L'ensemble est de nouveau mis en rotation dans un four. Le dopant D diffuse thermiquement à travers le polymère P fondu pendant 6 heures. Le four est enfin progressivement refroidi à une vitesse de 15°C/heure jusqu'à température ambiante. Un corps tubulaire de 17 mm de diamètre extérieur et de 4,5 mm de diamètre intérieur est obtenu avec un profil à gradient d'indice de réfraction.

Ce corps tubulaire, constituant la préforme de la fibre optique plastique à gradient d'indice, est placé dans un four d'étirage à une température comprise entre 200 et 250°C. Sa partie supérieure est reliée à une pompe à vide pendant l'étape de filage. De cette façon, la préforme se rétreint et une fibre optique à gradient d'indice de réfraction est récupérée. Ses dimensions dépendent de la vitesse de filage, de préférence comprise entre 5 et 10 m/min et de la température du four.

Avantageusement, l'utilisation de polymères P selon l'invention, ayant une température de transition vitreuse supérieure à celles du PMMA ou du CYTOP, matériaux classiquement utilisés dans le procédé « préforme » connu, conduit à des fibres ayant une transparence supérieure à celles obtenues avec les matériaux classiques. Ceci est illustré en figure 3, où est représentée en fonction de la longueur d'onde en nm, l'atténuation (en dB/km) d'une fibre optique plastique à gradient d'indice obtenue selon le procédé qui vient d'être décrit, à partir de polymère CYTOP de l'art antérieur (courbe 31), de polymère PMMA de l'art antérieur (courbe 32) et de polymère (CTFE)_{0,50} (VCA)_{0,50} selon l'invention (courbe 33).

Pour fabriquer des fibres optiques plastiques à saut d'indice selon l'invention, on peut procéder par exemple par filage d'un polymère P selon l'invention, par exemple obtenu selon l'un des exemples ci-dessus, à l'état fondu, et dépôt simultané d'une résine photoréticulable d'indice de réfraction inférieur à celui du polymère P, cette résine étant ensuite photopolymérisée. L'épaisseur de la couche de résine ainsi déposée est par exemple de l'ordre de 100 µm.

On peut de manière alternative, pour fabriquer une fibre optique plastique à saut d'indice selon l'invention, procéder par coextrusion du polymère P avec un polymère d'indice de réfraction inférieur à celui du polymère P, comme par exemple le PVDF, le Teflon ® AF de du Pont de
5 Nemours ou encore le Hyflon AD ® de la société AUSIMONT.

Les deux derniers procédés mentionnés sont en tant que tels bien connus de l'homme de l'art et ne seront pas décrits plus en détail ici.

Bien entendu, les procédés selon l'invention ne sont pas limités aux modes de réalisation qui viennent d'être décrits.

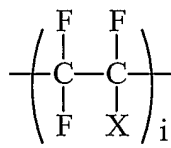
10 Ainsi, on pourra utiliser comme dispositif pour mettre en œuvre le procédé UV pour la fabrication de fibres optiques à gradient d'indice tout dispositif adapté pour effectuer le mélange actif, et notamment, mais non exclusivement, ceux décrits dans le document EP-1 067 222.

15 En outre, les compositions et exemples donnés ne le sont qu'à titre indicatif, et l'on pourra les modifier sans sortir du cadre de l'invention du moment que le copolymère P conserve les caractéristiques générales mentionnées plus haut.

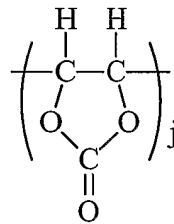
Enfin, on pourra remplacer tout moyen par un moyen équivalent sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une fibre optique plastique à partir d'au moins un polymère P, ledit procédé étant caractérisé en ce que ledit polymère P est un copolymère comprenant au moins deux unités répétitives P1 et P2 de formules générales suivantes, i et j correspondant à un nombre répétitif d'unités :



P1



P2

ledit copolymère P étant transparent, de nature amorphe et ayant une teneur en motif P2 comprise entre sensiblement 30 et 70% molaire pour X=F ou Cl dans P1.

2. Procédé de fabrication selon la revendication 1 d'une fibre optique plastique à saut d'indice, dont l'indice de réfraction varie de manière discontinue entre le centre et la périphérie de la fibre, ou à gradient d'indice dont l'indice varie continûment entre le centre et la périphérie de la fibre, à partir d'au moins ledit polymère P et d'au moins un diluant réactif D1 permettant de faire varier l'indice de réfraction de ladite fibre, ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- préparation de deux compositions d'indice de réfraction différent, la différence d'indice de réfraction entre les deux compositions étant au moins de $5 \cdot 10^{-3}$, comprenant chacune au moins le polymère P, l'une des compositions, dite première composition, comprenant en outre au moins le diluant réactif D1, un amorceur

de polymérisation radicalaire étant présent dans au moins l'une des compositions,

- filage
- réticulation du diluant réactif conduisant à une fibre optique plastique.

5

3. Procédé selon la revendication 2 caractérisé en ce que, lorsque la fibre optique plastique est une fibre à gradient d'indice, ledit procédé comprend en outre, après l'étape de préparation desdites compositions, une étape de mélange actif des deux compositions afin d'obtenir la variation continue de l'indice de réfraction de la fibre optique, suivi du filage dudit mélange.

10

4. Procédé selon l'une des revendications 2 ou 3 caractérisé en ce que ladite réticulation est une photo-réticulation et en ce que ledit amorceur est un photo-amorceur.

15

5. Procédé selon l'une des revendications 2 à 4 caractérisé en ce que la masse molaire du polymère P est comprise entre 1 000 et 20 000 g.moles⁻¹ et le diluant réactif D1 a une masse molaire comprise entre 100 et 1 000 g.moles⁻¹.

20

6. Procédé selon l'une des revendications 2 à 5 caractérisé en ce que le diluant réactif D1 comprend au moins un groupement insaturé réactif vis-à-vis des UV choisi dans le groupe formé par les groupements vinyliques et les groupements acryliques.

25

7. Procédé selon l'une des revendications 2 à 6 caractérisé en ce que la température de transition vitreuse dudit copolymère est comprise entre 60°C et 160°C.

8. Procédé selon l'une des revendications 2 à 7 caractérisé en ce que la masse molaire dudit copolymère est comprise entre 500 et 10⁶ g.moles⁻¹.

30

9. Procédé selon l'une des revendications 2 à 8 caractérisé en ce que la cinétique de réticulation est telle que, sous insolation maximale et

transformation complète dudit amorceur, le temps de gel est inférieur à 10 s.

10. Procédé selon la revendication 9 caractérisé en ce que le temps de gel est inférieur à 2 s.
- 5 11. Procédé selon l'une des revendications 2 à 10 caractérisé en ce que la seconde desdites compositions comprend au moins un diluant réactif D2 permettant lui aussi de faire varier l'indice de réfraction, le diluant réactif D2 étant d'indice de réfraction sensiblement différent de l'indice de réfraction de D1, ayant une masse molaire comprise entre
10 100 et 1 000 g.moles⁻¹, et comprenant au moins un groupement insaturé réactif vis-à-vis des UV choisi dans le groupe formé par les groupements vinyliques et les groupements acryliques.
12. Procédé selon la revendication 11 caractérisé en ce que les diluants réactifs D1 et D2 sont de viscosité pratiquement identiques et tel que
15 la proportion en masse dudit polymère P par rapport aux constituants de la composition est pratiquement constante pour chacune desdites compositions.
13. Procédé selon l'une des revendications 3 à 12 caractérisé en ce que le mélange des deux compositions est réalisé à une température telle
20 que la viscosité à 20°C de chacune des deux compositions est comprise entre 1 et 25 Pa.s.
14. Procédé selon l'une des revendications 2 à 13 caractérisé en ce que le filage est réalisé à une température telle que la viscosité de chacune des deux compositions est supérieure à 500 mPa.s.
- 25 15. Procédé selon l'une des revendications 2 à 14 caractérisé en ce que tout composant d'une desdites compositions est un matériau au moins partiellement halogéné.
16. Procédé selon la revendication 15 caractérisé en ce que dans le cas de la présence de diluant réactif D2 dans la seconde desdites
30 compositions, l'un des deux diluants réactifs D1 ou D2 est au moins

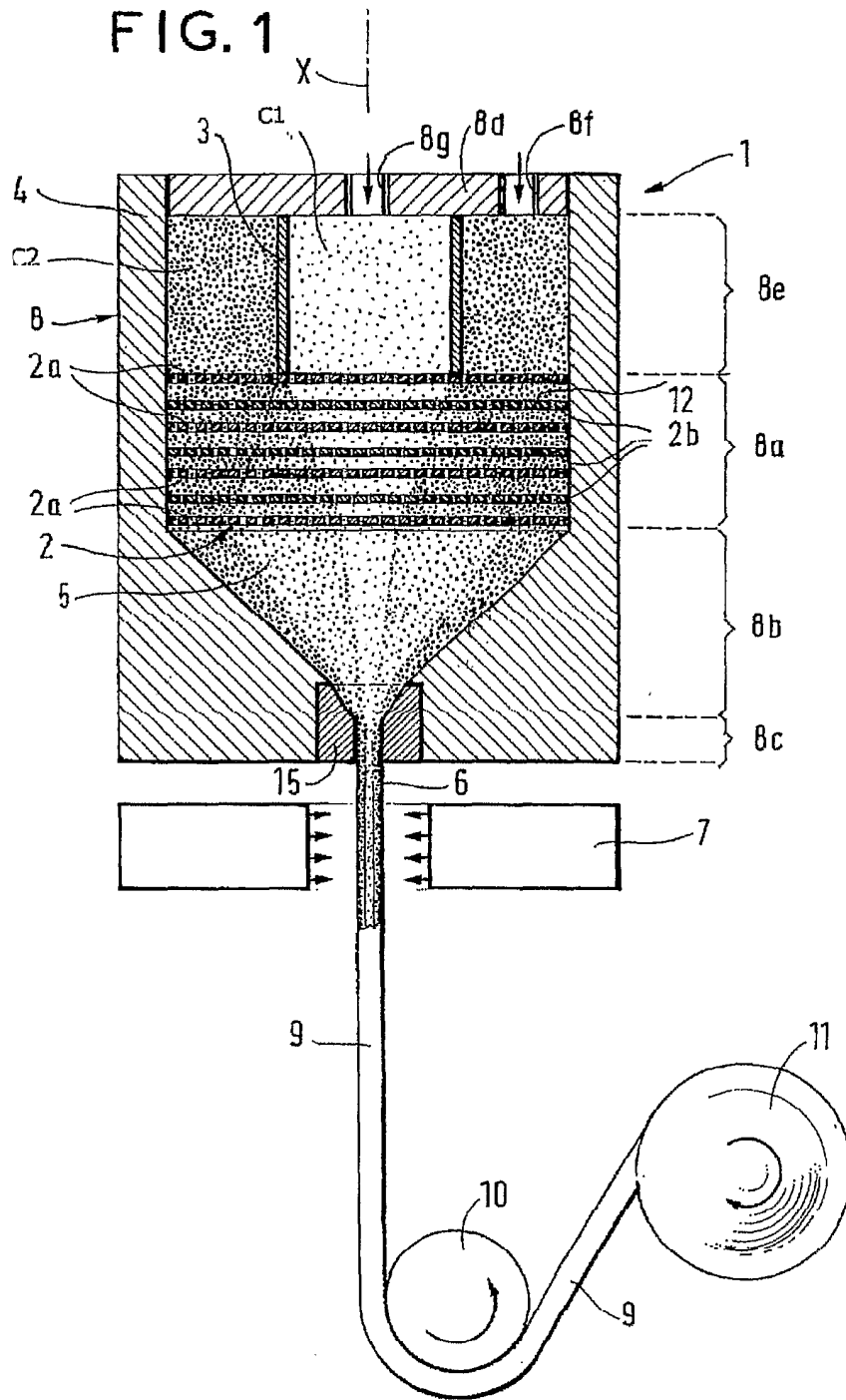
partiellement fluoré et l'autre des deux diluants réactifs D2 ou D1 est au moins partiellement chloré ou chloro-fluoré.

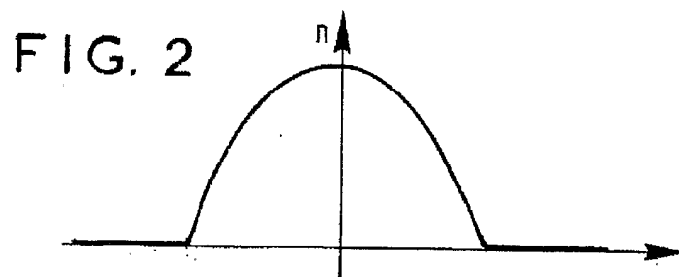
17. Procédé de fabrication selon la revendication 1 d'une fibre optique plastique à gradient d'indice dont l'indice varie continûment entre le centre et la périphérie de la fibre, à partir d'au moins ledit polymère P et d'au moins un dopant D permettant de faire varier l'indice de réfraction de ladite fibre, l'indice de réfraction dudit dopant D étant supérieur à celui dudit polymère P, ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
- 10 • fusion du polymère P dans un tube
 - mise en rotation dudit tube autour de son axe
 - refroidissement dudit tube de manière à former à l'intérieur dudit tube un corps tubulaire en polymère P
 - 15 • introduction dudit dopant D dans ledit corps tubulaire formé par le polymère P
 - chauffage et mise en rotation dudit tube autour de son axe de manière à faire diffuser thermiquement ledit dopant D à travers ledit polymère P et à former un corps tubulaire de polymère P dopé
 - 20 • refroidissement pour obtenir une préforme tubulaire
 - étirage de ladite préforme tubulaire reliée à une pompe à vide pour former une fibre optique plastique.
18. Procédé de fabrication selon la revendication 1 d'une fibre optique plastique à saut d'indice dont l'indice varie de manière discontinue entre le centre et la périphérie de la fibre, à partir d'au moins ledit polymère P, ledit polymère P étant filé à l'état fondu et simultanément revêtu d'une résine photoréticulable d'indice de réfraction inférieur à celui du polymère P, qui est ensuite photopolymérisée.
- 30 19. Procédé de fabrication selon la revendication 1 d'une fibre optique plastique à saut d'indice dont l'indice varie de manière discontinue

entre le centre et la périphérie de la fibre, à partir d'au moins ledit polymère P, par coextrusion dudit polymère P avec un autre polymère d'indice de réfraction inférieur à celui dudit polymère P.

- 5 **20.** Fibre optique plastique à saut d'indice ou à gradient d'indice caractérisée en ce qu'elle est obtenue par le procédé selon l'une des revendications 1 à 19.
- 21.** Guide d'ondes optique caractérisé en ce qu'il est obtenu par le procédé selon l'une des revendications 1 à 20.

FIG. 1





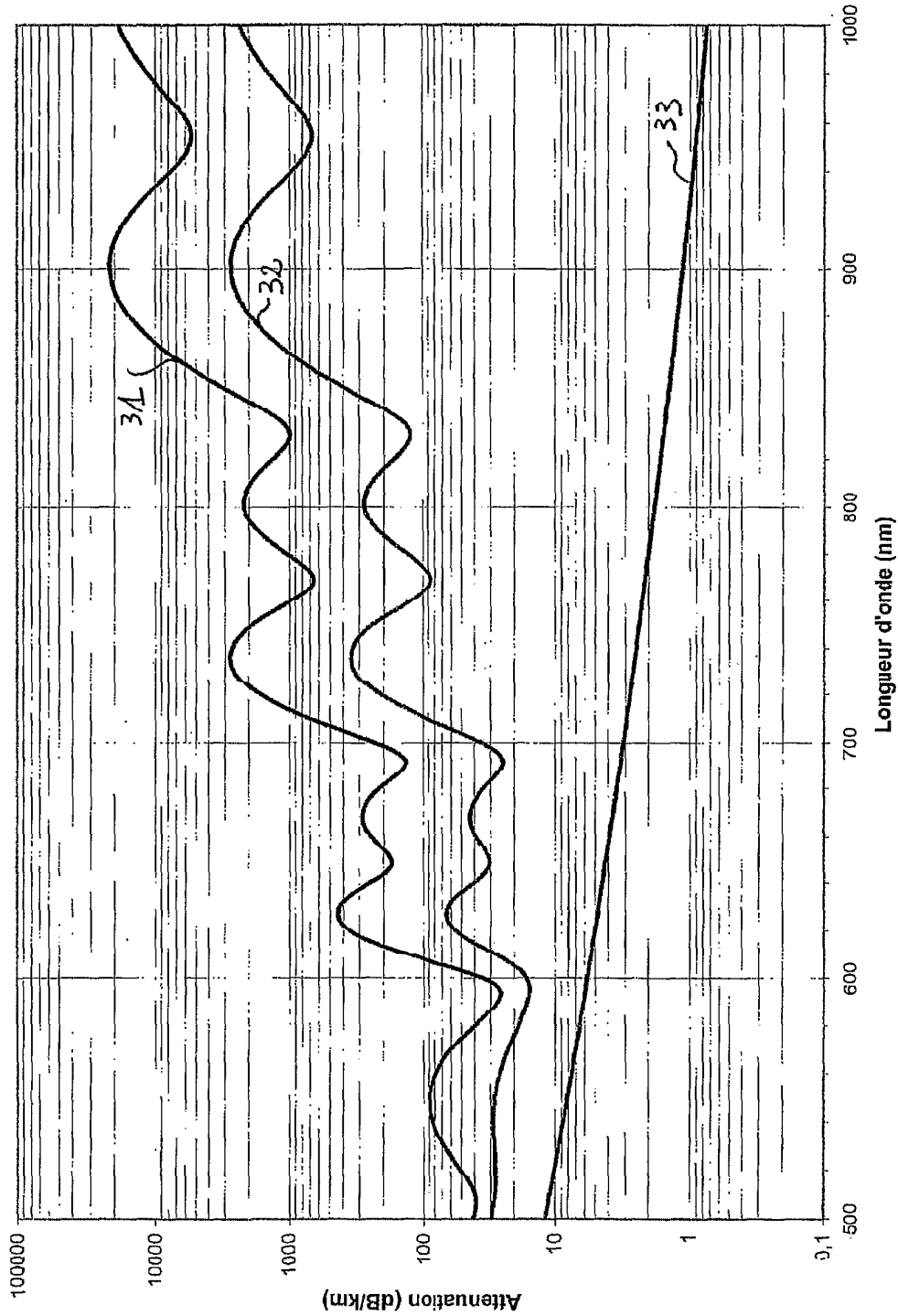


FIGURE 3