

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 23145

(54) Ampèremètre à effet faraday dans une fibre optique.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). G 01 R 15/07; G 01 J 4/00; G 01 R 19/00; G 02 F 1/09.

(22) Date de dépôt..... 29 octobre 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 17 du 30-4-1982.

(71) Déposant : COMPAGNIE GENERALE D'ELECTRICITE, société anonyme, résidant en France.

(72) Invention de : André Tardy.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Paul Bourely, SOSPI,
14-16, rue de la Baume, 75008 Paris.

Ampèremètre à effet Faraday dans une fibre optique

L'invention concerne un ampèremètre à effet Faraday dans une fibre optique.

On sait que de tels ampèremètres permettent la mesure du courant parcourant une ligne électrique notamment à haute tension et présentent l'avantage de fournir un signal de mesure sur un appareillage situé à distance de cette ligne, sans autre liaison entre la ligne et cet appareillage que deux fibres optiques électriquement isolantes. L'une de ces fibres de liaison amène une lumière polarisée monochromatique à une cellule à effet Faraday soumise au champ magnétique de la ligne électrique, l'autre ramenant cette lumière à l'appareillage pour permettre de mesurer la rotation de la direction de polarisation de la lumière sous l'action du champ magnétique.

Le développement des fibres optiques unimodales à faible atténuation donne un intérêt accru aux systèmes de mesure du courant basés sur l'interaction magnéto-optique de Faraday. Une telle fibre fournit en effet un chemin optique pour une onde optique polarisée et assure les fonctions mesure et télémessure avec l'isolement nécessaire à la mesure du courant sur les lignes haute tension. Elle se prête par ailleurs à la configuration géométrique optimale, du point de vue de l'interaction magnéto-optique. Cette configuration comporte une bobine de N tours de fibre autour du conducteur électrique. La rotation Faraday proportionnelle à la circulation du champ magnétique le long du chemin optique est égale à $V_f \cdot N \cdot I$, où V_f est la constante de Verdet caractéristique du matériau du guide d'onde. La fabrication de fibres unimodales à faible atténuation permet donc d'espérer une haute sensibilité liée à la longueur d'interaction possible (multiplication du nombre de tours).

Cependant cette haute sensibilité ne peut être obtenue en pratique avec les fibres optiques disponibles dans le commerce du fait que celles-ci ne sont pas isotropes et présentent le phénomène de biréfringence linéaire résultant d'une différence entre les constantes de propagation des deux états de polarisation orthogonaux du mode fondamental.

Il est bien connu que la biréfringence linéaire d'un milieu

- 2 -

parcouru par de la lumière selon une direction se traduit par un déphasage progressif entre les deux composantes lumineuses polarisées selon les deux directions des axes principaux de biréfringence de ce milieu, ces axes étant perpendiculaires entre eux et à la direction de propagation. L'angle de ce déphasage peut être exprimé en degrés par le produit $d.l.$, d étant un coefficient de biréfringence linéique dépendant du milieu et de la direction de propagation, l étant la longueur parcourue par la lumière dans ce milieu.

Il convient de noter ici que l'effet Faraday qui se traduit par une rotation du plan de polarisation de la lumière, peut être considéré comme une biréfringence circulaire, mais que le terme "biréfringence" sans qualificatif désignera ci-après la seule biréfringence linéaire.

L'influence de la biréfringence va être maintenant étudié dans le cas où une bobine de mesure constituée par une fibre unimodale est susceptible d'être soumise au champ magnétique d'un conducteur électrique axial.

En l'absence d'interaction magnéto-optique, la différence de phase $d.l.$ entre les deux modes propagation à polarisations orthogonales varie en fonction de la longueur l parcourue dans la fibre, si bien que l'état de polarisation, en générale elliptique, varie périodiquement avec une longueur caractéristique $L = 360/d$. Cette longueur peut être appelée "période de biréfringence". Les plans de polarisation des deux modes propagation sont fixés par les directions des axes principaux de biréfringence.

En présence d'interaction magnéto-optique, les phénomènes de biréfringence linéaire et de biréfringence circulaire magnétique se superposent. Dans le cas où le champ magnétique est uniforme, sur la longueur de la fibre, l'état de polarisation en sortie de la fibre se déduit de l'état de polarisation d'entrée par une matrice de transformation.

$$M = \begin{vmatrix} A & -B \\ B & A^* \end{vmatrix} \quad \text{avec } A = \cos \frac{d.l}{2} + j \sin \frac{d.l}{2} \quad \text{et}$$

$$B = \frac{2F}{d} \sin \frac{d.l}{2}$$

- 3 -

obtenue dans le cas pratique où la rotation Faraday F par unité de longueur est beaucoup plus petite que la biréfringence d , ce qui revient à considérer des courants I faibles dans le conducteur électrique. La matrice est, par ailleurs, valable dans le système

5 d'axes principaux de biréfringence.

L'hypothèse " F très inférieure à d " fait que, même en présence d'interaction magnéto-optique, l'état de polarisation varie avec une périodicité de l'ordre de celle caractéristique de la biréfringence linéaire seule.

10 Dans les dispositifs de mesure avec détection symétrique l'état de polarisation à l'extrémité de la fibre est, en général, analysé suivant deux directions orthogonales dont l'orientation est fixée à 45° des axes principaux de la fibre. A l'entrée de la fibre, la polarisation est linéaire et sa direction coïncide

15 avec un des axes principaux, ce qui revient à exciter un seul des deux modes de propagation du guide.

Dans cette hypothèse, l'énergie P_x et P_y enregistrée sur les deux directions d'analyse est

$$P_x = P_0/2 + P_0 (F/d) \sin d.l$$

20
$$P_y = P_0/2 - P_0 (F/d) \sin d.l$$

où P_0 est l'énergie de la source de lumière atténuée par la ligne optique.

L'information utile est obtenue électroniquement après photo-détection, généralement à l'aide de l'opérateur

25
$$P = \frac{P_x - P_y}{P_x + P_y} = \frac{2 F}{d} \sin d.l$$

Si, pour simplifier, on s'intéresse à l'évolution de l'énergie détectée P_x en fonction de la longueur de fibre l (fig. 1), on note que dans la première section de fibre $0, L/4$, soit pour un déphasage de 0 à 90° , P_x croît de $P_0/2$ à $P_0/2 + P_0 (F/d) \sin d.l$.

30 La variation positive de P_x est ensuite compensée dans la deuxième section de fibre de $\frac{L}{4}$ à $\frac{L}{2}$.

- 4 -

Dans la demi-période de $\frac{L}{2}$ à L , la variation négative de P_x est de même compensée. Il ressort que sur une longueur L (déphasage 360°) l'effet de la rotation Faraday est annihilée par la biréfringence linéaire.

- 5 Si on s'intéresse à l'opérateur P , on note que celui-ci aura sa valeur maximale pour $d.l = 90^\circ$, soit pour une longueur de fibre $L/4 = 90/d$. Il est donc inutile, pour une fibre donnée, d'augmenter la longueur d'interaction au-delà de $L/4$.

- L'augmentation de sensibilité ne peut donc, dans les dispositifs
10 connus, que résulter du choix d'un guide optique présentant à la fois la meilleure constante de Verdet et la plus faible biréfringence linéique. Dans l'application de la mesure du courant, la fibre optique est bobinée sur un diamètre $2R$ autour du conducteur électrique. La biréfringence linéique à considérer est alors la somme de la
15 biréfringence intrinsèque du guide et de la biréfringence induite par la courbure de la fibre. Des biréfringences intrinsèques conduisant à des déphasages de quelques degrés au mètre ont été obtenues à la longueur d'onde $0,6328$ micron du laser He-Ne. Cette longueur d'onde est implicite dans toutes les valeurs de biréfringence envi-
20 sagées ultérieurement. La contribution de la courbure à la biréfringence est de la forme B/R^2 , B étant un coefficient dépendant de la fibre. Avec des valeurs typiques $B = 0,2^\circ \cdot m$ et $R = 10cm$, cette contribution est de l'ordre de 20° . En adoptant une biréfringence linéique totale de 25° , la longueur utile l_1 de fibre se situe
25 à $3,6m$ soit 6 spires.

On peut considérer que dans le cas d'un guide idéal isotrope ($d = 0$), l'opérateur P a, pour la longueur l_1 considérée, la valeur $F.l_1$. $3,1416/360$. Dans le cas réel où $d.l_1$ est pris égal à 90° , l'opérateur P a la valeur maximale $F.l_1/180$.

- 30 La biréfringence linéaire de la fibre conduit donc non seulement à limiter la longueur utile d'interaction mais encore à réduire la sensibilité de la mesure dans le rapport $2/3,1416$.

- On a admis, dans ce qui précède, que l'atténuation de la fibre pour la longueur l_1 considérée permettait la détection sans
35 difficulté des signaux optiques, et que les angles de rotation dus à l'effet Faraday restaient toujours faibles, ce qui correspond

- 5 -

aux cas rencontrés dans la pratique.

La présente invention a pour but la réalisation d'un ampèremètre à effet Faraday dans une fibre optique permettant d'obtenir une sensibilité plus grande que celle des dispositifs analogues connus
5 utilisant des fibres optiques à biréfringence linéaire.

Elle a pour objet un ampèremètre à effet Faraday dans une fibre optique, comportant

- une source émettant une lumière monochromatique polarisée sensiblement linéairement;
- 10 - une fibre optique "de mesure" recevant et guidant cette lumière selon le seul mode fondamental, cette fibre étant enroulée en formant une bobine autour d'un conducteur parcouru par le courant électrique à mesurer de manière que le champ magnétique créé par ce courant fasse apparaître l'effet Faraday qui entraîne une rotation progressive
15 de la direction de la polarisation de la lumière qui se propage dans cette fibre, l'angle de cette rotation étant sensiblement égal au produit $Fm.I.l$, m étant un coefficient magnéto-optique caractéristique de la fibre enroulée, I étant l'intensité du courant électrique et l étant la longueur de fibre parcourue par la lumière,
20 cette fibre présentant par ailleurs une biréfringence sensiblement constante entraînant une modification périodique de la polarisation de la lumière avec passage progressif d'une polarisation linéaire selon une première direction à une polarisation elliptique puis à une polarisation linéaire selon une deuxième direction symétrique
25 de la première par rapport aux axes principaux de birefringence de la fibre, puis à une polarisation elliptique, puis retour à une polarisation linéaire selon la première direction, et ainsi de suite, la longueur L_m de la fibre entre deux points où la polarisation est la même constituant la "période de birefringence" de
30 cette fibre pour la longueur d'onde de cette lumière,
- cet ampèremètre comportant enfin un détecteur recevant la lumière qui a parcouru cette fibre de mesure et mesurant les caractéristiques de cette lumière affectées par l'effet Faraday de manière à fournir un signal de sortie représentatif de l'intensité du courant électrique
35 dans le conducteur,
- cet ampèremètre étant caractérisé par le fait que la bobine est

- 6 -

formée par une fibre continue constituée d'une succession de tronçons qui sont alternativement des tronçons de la fibre de mesure et des tronçons d'une fibre de compensation présentant l'effet Faraday avec un coefficient magnéto-optique F_c , et une biréfringence avec
5 une période de biréfringence L_c , le produit $F_c.L_c$ étant inférieur au tiers du produit $F_m.L_m$, les tronçons non extrêmes de chaque fibre ayant une longueur sensiblement égale à la moitié de la période de biréfringence de cette fibre.

Le détecteur mesurant les caractéristiques de la lumière
10 affectées par l'effet Faraday peut être de divers types connus.

Il peut par exemple mesurer l'intensité de la lumière dans un ou deux plans de polarisation. Il peut aussi décomposer la lumière en ses deux composantes circulaires de sens de rotation opposés,

faire interférer deux faisceaux lumineux à polarisation linéaires
15 parallèles issus de ces deux composantes, et mesurer les variations de l'intensité lumineuse résultant de l'interférence.

La sensibilité de l'ampèremètre est limitée de la même manière dans les deux cas par la présence de la biréfringence linéaire, de sorte que la présente invention présente les mêmes avantages
20 dans ces deux cas.

De tels détecteurs sont par exemple décrits dans l'article de J.E. THOMPSON et autres dans I.E.E.E. Transactions on Instrumentation and Measurement vol.25 n° 1 Mars 1976 p.1.

A l'aide des figures schématiques ci-jointes, on va décrire
25 ci-après à titre non limitatif, comment l'invention peut être mise en oeuvre. Il doit être compris que les éléments décrits et représentés peuvent sans sortir du cadre de l'invention, être remplacés par d'autres éléments assurant les mêmes fonctions techniques. Lorsqu'un même élément est représenté sur plusieurs figures il y est désigné
30 par le même signe de référence.

La figure 1 représente un diagramme de variation de puissance lumineuse P_x en fonction de la distance l parcourue par de la lumière polarisée dans la fibre optique d'un ampèremètre de type connu, cette puissance étant celle de la composante de la lumière polarisée
35 selon une direction.

Sur cette figure on a porté en ordonnée la valeur $2 P_x/P_o$,

- 7 -

Po étant la puissance totale de la lumière, et on a indiqué les déphasages en degrés créés par la biréfringence linéaire, et aussi les longueurs des tronçons successifs de la fibre.

La figure 2 représente un diagramme de variation analogue à celui de la figure 1 mais dans un cas où la présente invention est mise en oeuvre.

La figure 3 représente une vue d'une fibre optique utilisée selon la présente invention dans cet ampèremètre, avant son enroulement en bobine.

La figure 4 représente une vue schématique d'un ampèremètre auquel l'invention s'applique.

L'augmentation de la sensibilité obtenue grâce à la présente invention résulte de la longueur d'interaction magnéto-optique et peut s'expliquer comme suit :

La fibre de mesure en interaction magnéto-optique, bobinée autour du conducteur électrique, se caractérise soit par une biréfringence linéique notée d_m , soit par une longueur L_m pour laquelle le déphasage entre les deux modes de propagation est égal à 360° .

Puisque, au vue de la figure 1, seules les longueurs $L_m/4$ initiale et finale, correspondant à un déphasage de 90° à l'intérieur de la période L_m , conduisent à modifier dans le même sens l'énergie portée par un mode de propagation, il importe de s'affranchir de la longueur $L_m/2$ (déphasage 180°) intermédiaire.

L'invention consiste à remplacer cette longueur de fibre intermédiaire de mesure par une longueur de fibre de compensation $L_c/2$ à l'intérieur de laquelle le déphasage entre les deux modes est encore de 180° mais telle que la longueur $L_c/2$ soumise à l'interaction magnéto-optique supposée uniforme soit inférieure à $L_m/2$ de manière à éviter la compensation. La figure 2 montre, en fonction de la longueur de fibre, l'évolution de la puissance optique portée par un des modes de propagation. Le déphasage optimal sur le premier tronçon de la fibre de mesure est naturellement 90° .

L'exemple figuré correspond au cas où $L_m = 4L_c$ soit $d_c = 4d_m$.

L'influence négative du tronçon de fibre de compensation sera d'autant plus faible que d_c est grand devant d_m , c'est-à-dire que la longueur L_c est petite par rapport à L_m .

La fibre bobinée est donc avantageusement constituée par une succession de tronçon alternativement constitués de la fibre de mesure présentant un faible coefficient de biréfringence d_m (et un fort coefficient magnéto-optique F_m) et de la fibre de compensation 5 présentant un fort coefficient de biréfringence d_c (et un faible coefficient magnéto-optique), le premier tronçon appartenant à la fibre de mesure, les déphasages dus à la biréfringence prenant les valeurs suivantes à la fin des tronçons successifs : 90° , 270° , 450° ($=90^\circ$), 630° ($=270^\circ$) etc.....

10 Il convient de remarquer qu'en pratique on peut obtenir un rapport de variation beaucoup plus grand entre les deux coefficients de biréfringence qu'entre les deux coefficients magnéto-optiques.

Si à l'extrémité de n éléments, on calcule la valeur de l'opérateur P , on obtient :

15
$$P = F.n.L_m. (1/90). (1 - L_c/L_m)$$

Par rapport aux dispositifs connus où $P = F.L./180$, l'invention conduit à augmenter la sensibilité dans le rapport

$$2n (1-L_c/L_m)$$

20 En considérant la valeur 3,6m pour $L_m/4$ le facteur $(1-L_c/L_m)$ est de 0,95 pour $L_c/2 = 36cm$.

L'invention permet donc d'augmenter la longueur d'interaction jusqu'à la limite imposée par la détection des signaux optiques, c'est-à-dire par l'atténuation de la ligne optique.

25 Il reste à réaliser la fibre optique continue bobinable selon l'invention, c'est-à-dire à induire périodiquement un déphasage de 180° , sur une courte longueur, à partir d'une fibre optique de mesure unimodale dont les caractéristiques favorables doivent être : biréfringence et atténuation linéiques faibles.

30 Un premier mode préféré de réalisation de l'invention (fig.3) consiste à insérer périodiquement dans la fibre de mesure un tronçon de fibre de compensation d'origine différente. Cette insertion se fait par soudure de manière à obtenir une fibre optique stable mécaniquement, selon des techniques connues.

35 La longueur $L_c/2$ de 36cm, envisagée précédemment, se prête favorablement à la manipulation des échantillons. Une telle longueur correspond à une biréfringence linéique $d_c = 500^\circ/m$. Les différents

- 9 -

tronçons à insérer sont obtenus par sectionnements successifs de la fibre optique de biréfringence donnée dc.

A titre d'exemple, on peut choisir pour la fibre de mesure, une fibre à faible biréfringence de rayon de coeur $a = 2$ microns
5 et de fréquence normalisée $V = 2,4$ et, pour la fibre de compensation, $a = 1,6$ micron, $V = 2,1$ et $dc = 510^\circ/m$.

La perte au raccordement dépend essentiellement de la qualité des soudures. Il est possible d'obtenir une perte totale de 0,5 dB (10%) au raccordement par soudure des fibres. Dans cette hypothèse
10 et en tenant compte des longueurs $L_m/4 = 3,6m$ et $L_c/2 = 0,36m$, l'augmentation de l'atténuation linéique de la ligne optique d'interaction due à l'insertion se situe à 0,13 dB. Pour comparaison l'atténuation linéique intrinsèque aux fibres optiques est de l'ordre de 0,05 dB. Or la sensibilité du dispositif de mesure du courant
15 est maximale pour un nombre de spires optimal. Avec un rayon de bobinage $R = 10cm$ le nombre de tours optimal est de 35. Dans cet exemple, le gain en sensibilité est de 6 vis-à-vis des dispositifs connus.

Selon un deuxième mode non représenté de mise en oeuvre de
20 la présente invention on forme les tronçons de fibre de compensation en créant une ou plusieurs biréfringences locales sur une fibre optique qui constitue par ailleurs la fibre de mesure.

Cette biréfringence locale est obtenue par effet élasto-optique par exemple en serrant ces tronçons entre deux plaques.

25 Si on considère une telle pression appliquée à une fibre de silice par serrage entre deux plans, pour obtenir un déphasage de 180° , il convient d'appliquer une force de 450 gf. On choisit par exemple $L_c/2 = 1cm$. La contrainte de compression s'établit à $10^7 N/m^2$ environ, inférieure à la contrainte de rupture à la
30 compression qui est $10^9 N/m^2$.

Il importe alors que cette force soit stable dans le temps et pour les conditions d'environnement du capteur. En effet, toute modification de la pression exercée sur la fibre dans la bande de fréquence de détection est équivalente à une variation du courant
35 à mesurer. Cette stabilité nécessite donc des précautions particulières.

En conclusion des explications précédentes il apparaît que

- 10 -

le capteur de mesure du courant constitué par l'enroulement de N tours de fibre autour du conducteur électrique a ses performances limitées par la biréfringence linéaire du guide optique. La limitation la plus marquante intervient sur la longueur d'interaction, c'est-à-dire sur le nombre de tours de bobinage qui n'est que de 1 tour dans le cas d'une biréfringence linéique de l'ordre de $140^\circ/\text{m}$ et qui passe à 6 tours environ pour une biréfringence linéique de $20^\circ/\text{m}$, cela dans l'hypothèse d'un rayon de bobinage de 10cm. Or une biréfringence linéique de $20^\circ/\text{m}$ suppose une biréfringence intrinsèque du guide optique de quelques degrés par mètre qui ne peut être obtenue que par une fabrication particulière (précaution dans la circularité du coeur de la fibre et adaptation des coefficients de dilatation thermique entre matériaux de coeur et de gaine).

Or, la faible atténuation des fibres unimodales permet d'utiliser des dizaines de tour d'interaction magnéto-optique. La présente invention permet d'accéder à de grandes longueurs d'interaction, grâce à une construction particulière de la ligne optique qui consiste à induire périodiquement (période 360°) un déphasage de 180° entre les deux modes de propagation du guide. Par rapport au dispositif connu, le gain théorique apporté est égal au nombre de périodes incluses dans la ligne optique constituée.

D'un point de vue pratique il faut tenir compte de l'atténuation de la ligne optique qui est augmentée par la mise en oeuvre de l'invention, mais permet cependant d'obtenir un gain important.

On peut citer à ce sujet les documents suivants

S.R. NORMAN - Electronics Letters Vol. 15 N° 11, 309 (1979)

R. ULRICH - Optics Letters Vol.5 N° 6,273 (1980)

W.A. GAMBLING - Electronics Letters Vol. 13, N° 23, 691 (1977)

D. MARCUSE, BSTJ Vol. 56 N° 5, 709 (1977)

L'ampèremètre représenté sur la figure 4 permet de mesurer l'intensité I du courant parcourant un conducteur d'une ligne aérienne à haute tension, ceci à l'aide d'une fibre optique du type représenté sur la figure 3 et enroulée en bobine 4 autour de ce conducteur. Cette fibre se raccorde, par des tronçons de liaison à faible atténuation 6 et 8, à un appareillage au sol comportant un émetteur de lumière monochromatique polarisée tel qu'un laser hélium néon 10

- 11 -

et à un récepteur 12 permettant de mesurer les puissances lumineuses P_x et P_y de sortie selon deux directions de polarisation perpendiculaires inclinés à 45° sur les axes de biréfringence principaux de la fibre. Ce récepteur fournit par exemple un signal de sortie
5 représentatif du rapport $(P_x - P_y) / (P_x + P_y)$, et constitue une mesure du courant I.

La fibre utilisée pour la bobine et représentée sur la figure 3 comporte une succession de tronçons provenant alternativement de la fibre de mesure T_m et de la fibre de compensation T_c . Ces tronçons
10 sont raccordés par des soudures S.

REVENDECATIONS

- 1/ Ampèremètre à effet Faraday dans une fibre optique, comportant
- une source (10) émettant une lumière monochromatique polarisé sensiblement linéairement;
 - 5 - une fibre optique "de mesure" (T_m) recevant et guidant cette lumière selon le seul mode fondamental, cette fibre étant enroulée en formant une bobine (4) autour d'un conducteur (2) parcouru par le courant électrique à mesurer de manière que le champ magnétique créé par ce courant fasse apparaître l'effet Faraday qui entraîne
 - 10 une rotation progressive de la direction de la polarisation de la lumière qui se propage dans cette fibre, l'angle de cette rotation étant sensiblement égal au produit $F_m \cdot I \cdot l$, F_m étant un coefficient magnéto-optique caractéristique de la fibre enroulée, I étant l'intensité du courant électrique et l étant la longueur de fibre parcourue
 - 15 par la lumière, cette fibre présentant par ailleurs une biréfringence linéaire sensiblement constante entraînant une modification périodique de la polarisation de la lumière avec passage progressif d'une polarisation linéaire selon une première direction à une polarisation elliptique puis à une polarisation linéaire selon une deuxième
 - 20 direction symétrique de la première par rapport aux axes principaux de birefringence de la fibre, puis à une polarisation elliptique, puis retour à une polarisation linéaire selon la première direction, et ainsi de suite périodiquement, la longueur L_m de la fibre entre deux points où la polarisation est la même constituant la "période
 - 25 de birefringence" de cette fibre pour la longueur d'onde de cette lumière,
 - cet ampèremètre comportant enfin un détecteur recevant la lumière qui a parcouru cette fibre de mesure et mesurant (12) les caractéristiques de cette lumière affectées par l'effet Faraday de manière à fournir
 - 30 un signal de sortie représentatif de l'intensité du courant électrique dans le conducteur,
 - cet ampèremètre étant caractérisé par le fait que la bobine est formée par une fibre continue constituée d'une succession de tronçons qui sont alternativement des tronçons de la fibre de mesure (T_m)
 - 35 et des tronçons d'une fibre de compensation (T_c) présentant l'effet Faraday avec un coefficient magnéto-optique F_c , et une biréfringence

avec une période de biréfringence L_c , le produit $F_c.L_c$ étant inférieur au tiers du produit $F_m.L_m$, les tronçons non extrêmes de chaque fibre ayant une longueur sensiblement égale à la moitié ($L_m/2$, $L_c/2$) de la période de biréfringence de cette fibre.

- 5 2/ Ampèremètre selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le premier tronçon de ladite succession est un tronçon de la fibre de mesure et a une longueur sensiblement égale au quart ($L_m/4$) de la période de biréfringence de cette fibre, la lumière reçue à l'entrée de ce tronçon étant polarisé parallèlement à un axe principal de biréfringence de ce tronçon.

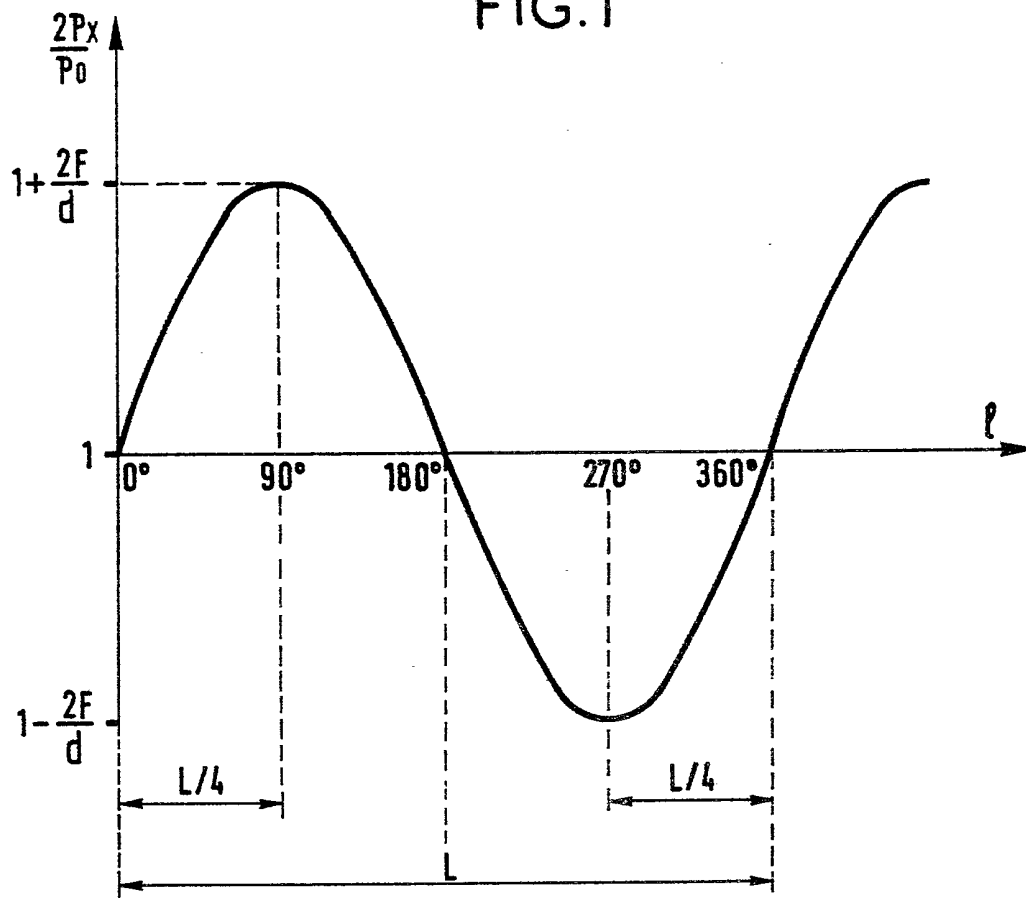
3/ Ampèremètre selon la revendication 1, caractérisé par le fait que les tronçons de la fibre de mesure (T_m) et de la fibre de compensation (T_c) sont assemblés les uns à la suite des autres par des soudures (S).

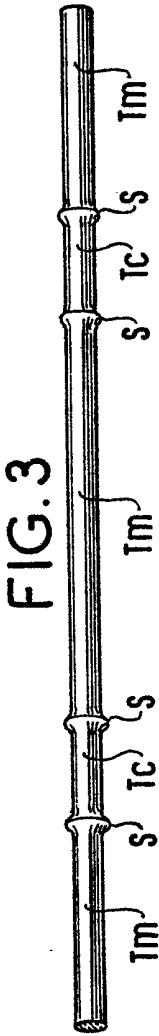
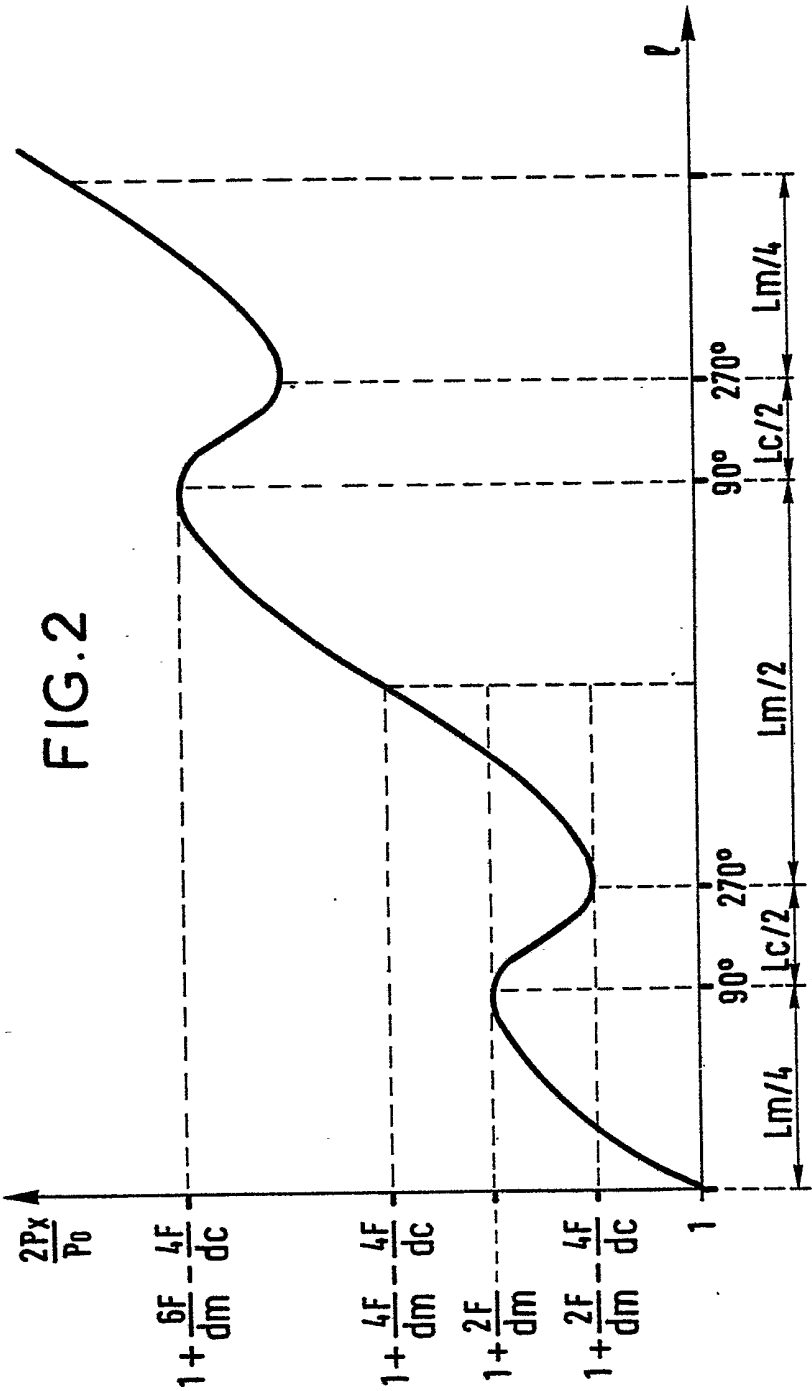
- 15 4/ Ampèremètre selon la revendication 3, caractérisé par le fait que la bobine (4) présente une section circulaire avec un diamètre constant, le conducteur électrique (2) étant disposé sensiblement dans l'axe de cette bobine.

- 5/ Ampèremètre selon la revendication 4, caractérisé par le fait
20 que les fibres de mesure (T_m) et de compensation (T_c) sont des fibres de silice de diamètres voisins.

1/3

FIG. 1





3/3

FIG. 4

