



(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2008/10/07
(87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2009/07/02
(45) **Date de délivrance/Issue Date:** 2016/01/26
(85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2010/04/08
(86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** FR 2008/001397
(87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2009/080915
(30) **Priorité/Priority:** 2007/10/08 (FR07/07038)

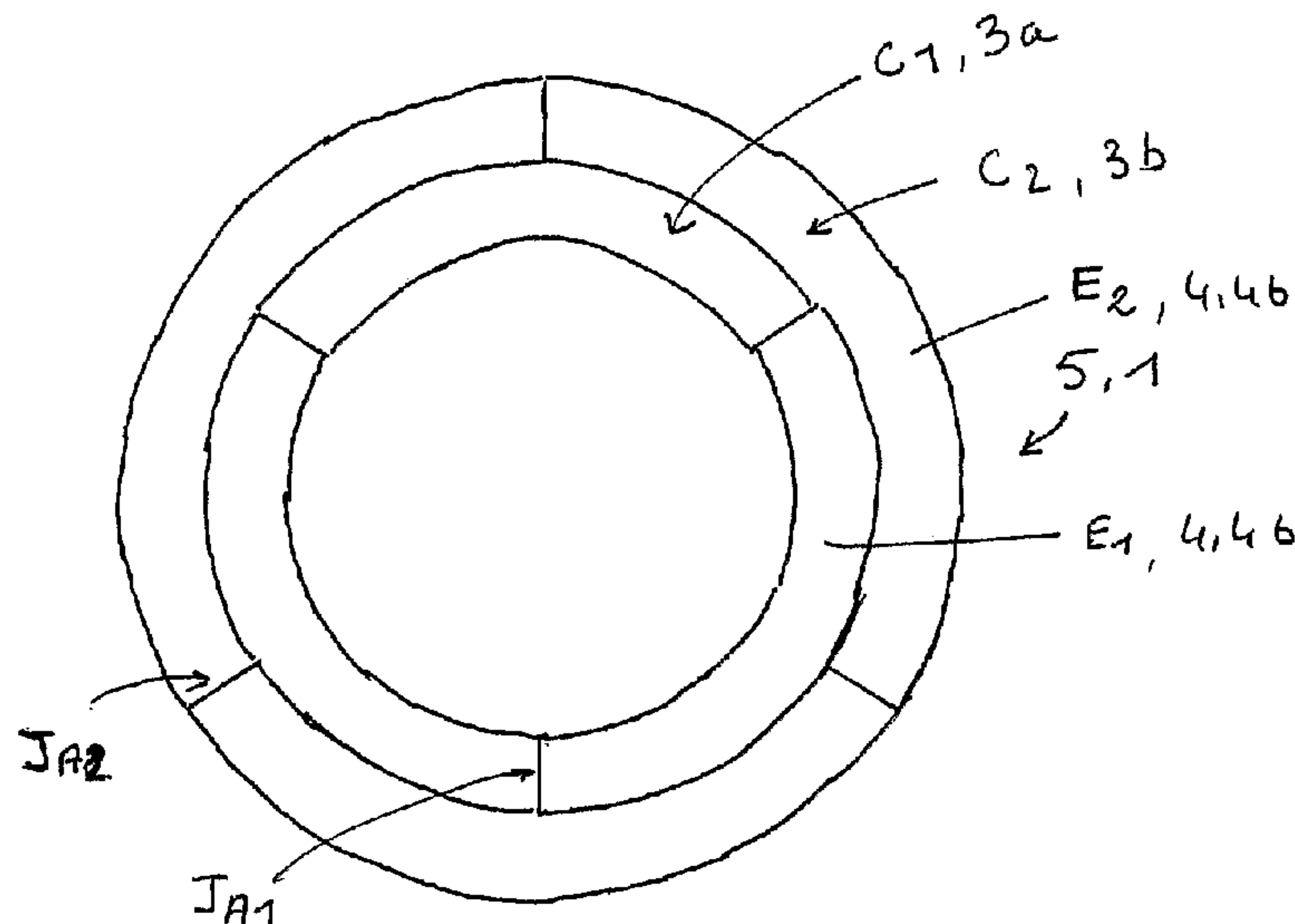
(51) **Cl.Int./Int.Cl.** **B32B 1/00** (2006.01),
B32B 1/08 (2006.01), **B32B 18/00** (2006.01),
B32B 37/02 (2006.01), **B32B 37/12** (2006.01),
C04B 35/536 (2006.01), **F16L 59/00** (2006.01),
F16L 59/14 (2006.01)

(72) **Inventeurs/Inventors:**
LECLERCQ, BERANGERE, FR;
BERNARD, OLIVIER, US;
POTIER ALEXANDRE, FR

(73) **Propriétaire/Owner:**
CARBONE LORRAINE COMPOSANTS, FR

(74) **Agent:** SMART & BIGGAR

(54) **Titre : PROCEDE DE FABRICATION D'UN DISPOSITIF ISOLANT TUBULAIRE ET DISPOSITIF CORRESPONDANT**
(54) **Title: METHOD OF MANUFACTURING A TUBULAR INSULATING DEVICE AND CORRESPONDING DEVICE**



(57) **Abrégé/Abstract:**

Dans le procédé on approvisionne un matériau isolant et on met en forme ledit matériau isolant en superposant une pluralité de N couches C_i dudit matériau isolant. Il est caractérisé en ce que : a) pour chaque couche C_i , on forme une pluralité de n_i éléments isolants E_i axiaux prédécoupés dans ledit matériau isolant, b) on forme une ébauche dudit dispositif isolant tubulaire en : b1) assemblant, grâce à une colle, les n_i éléments E_i de chaque couche C_i juxtaposés selon une pluralité de zones de jonction J_i , de manière à ce que la pluralité de zones de jonction J_{i+1} d'une couche C_{i+1} soit décalée par rapport à la pluralité de zones de jonction J_i de la couche voisine C_i , b2) puis en polymérisant ladite colle, c) en soumettant ladite ébauche d'élément tubulaire à un traitement thermique. Avantages : procédé économique qui permet d'obtenir un dispositif de grande résistance mécanique.



ABRÉGÉ

Dans le procédé on approvisionne un matériau isolant et on met en forme ledit matériau isolant en superposant une pluralité de N couches C_i dudit matériau isolant. Il est caractérisé en ce que : a) pour chaque couche C_i , on forme une pluralité de n_i éléments isolants E_i axiaux prédécoupés dans ledit matériau isolant, b) on forme une ébauche dudit dispositif isolant tubulaire en : b1) assemblant, grâce à une colle, les n_i éléments E_i de chaque couche C_i juxtaposés selon une pluralité de zones de jonction J_i , de manière à ce que la pluralité de zones de jonction J_{i+1} d' une couche C_{i+1} soit décalée par rapport à la pluralité de zones de jonction J_i de la couche voisine C_i , b2) puis en polymérisant ladite colle, c) en soumettant ladite ébauche d' élément tubulaire à un traitement thermique. Avantages : procédé économique qui permet d'obtenir un dispositif de grande résistance mécanique.

**Procédé de fabrication d'un dispositif isolant tubulaire
et dispositif correspondant**

5

Domaine de l'invention

La présente invention concerne la fabrication de matériaux carbonés réfractaires pouvant être utilisés comme isolants thermiques à haute température dans des fours fonctionnant à des températures élevées et sous atmosphère non oxydante.

La présente invention concerne plus particulièrement les isolants tubulaires ou cylindriques à base de graphite expansé, destinés aux fours hautes températures.

15

Etat de la technique

La demande de brevet FR 2 849 651 décrit une structure isolante comprenant au moins une couche flexible à base de particules de graphite expansé comprimées « dense », dont la densité est au moins égale à 400 kg/m³ et au moins une autre couche, « sous-dense », également à base de graphite expansé, ayant une densité plus faible que celle de la couche dense, typiquement inférieure à 400 kg/m³.

La même demande de brevet décrit en outre l'utilisation de la structure isolante pour la réalisation de pièces de forme cylindrique, par enroulement en spirale de structures isolantes telles que décrites ci-dessus. Le principal inconvénient de cette technique réside dans le fait que les couches se décollient au cours du traitement thermique auquel est soumis le cylindre obtenu après enroulement.

Cette technique d'enroulement en spirales est également décrite dans d'autres brevets ou demandes de brevet tels que US 6,143,601 et US 2004/0076810.

D'autre part, la demande de brevet FR 2 849 651 décrit un procédé de fabrication comprenant, outre une étape d'enroulement, l'utilisation d'une technique de cintrage pour la fabrication de portions de cylindres avec la structure isolante telle que décrite ci-dessus.

Problèmes posés

L'invention vise à résoudre simultanément plusieurs problèmes, le procédé de fabrication des dispositifs tubulaires isolants selon l'invention devant permettre tout à la fois :

- d'obtenir des dispositifs de haute tenue mécanique dans toute la plage des hautes températures d'utilisation, pouvant dépasser 1500⁰C,
- d'obtenir des dispositifs présentant un « rapport pouvoir isolant / masse » élevé,
- un procédé de fabrication simple et économique car faisant appel à une seule et même technologie, et en outre facile à adapter à toute forme de dispositif tubulaire.

Objet de l'invention

Le demandeur a à présent mis au point un procédé de fabrication de dispositifs tubulaires servant notamment pour l'isolation de fours haute température par cintrage de structures isolantes permettant d'obtenir des éléments de parois tubulaires, puis collage sur chants de ces éléments et empilement de deux couches de structures isolantes avec un décalage des chants collés formant une jonction entre deux éléments juxtaposés.

Dans ce procédé de fabrication d'un dispositif isolant tubulaire comprenant une paroi latérale d'épaisseur E_p , de longueur axiale L , dotée d'une direction axiale, on approvisionne un matériau isolant à structure bidimensionnelle d'épaisseur $E_M < E_p$, avec E_M au plus égal à $0,5.E_p$, et on met en forme ledit matériau isolant en superposant une pluralité de N couches C_i dudit matériau isolant, avec i allant de 2 à N , ledit dispositif isolant tubulaire comprenant au moins deux couches C_1 et C_2 dudit matériau isolant.

10 Ce procédé est caractérisé en ce que :

a) pour chaque couche C_i , on forme une pluralité de n_i éléments isolants E_i axiaux prédécoupés dans ledit matériau isolant de manière à ce que lesdits n_i éléments isolants E_i puissent former ladite couche C_i , après une juxtaposition bord à bord et
15 grâce à une déformation adaptée,

b) on forme une ébauche dudit dispositif isolant tubulaire en :

b1) assemblant, grâce à une colle, sur un mandrin axial de conformation, couche après couche, et en commençant par la première couche intérieure C_1 , les n_i éléments E_i de chaque
20 couche C_i juxtaposés bord à bord selon une pluralité de zones de jonction J_i , les éléments E_{i+1} de la couche C_{i+1} étant décalés par rapport aux éléments E_i de la couche C_i de manière à décaler la pluralité de zones de jonction J_{i+1} par rapport à la pluralité de zones de jonction J_i , et ainsi à obtenir in fine
25 un dispositif isolant tubulaire de grande résistance mécanique,

b2) puis en polymérisant ladite colle, de manière à rigidifier ladite ébauche,

c) ladite ébauche d'élément tubulaire est soumise à un traitement thermique, de manière à carboniser ladite colle, et ainsi à obtenir, le cas échéant après séparation dudit mandrin, ledit dispositif isolant tubulaire.

5 Ce procédé permet de résoudre les problèmes posés.

En effet, la demanderesse a pu constater que les dispositifs obtenus par ce procédé de fabrication présentaient bien la haute tenue mécanique requise notamment pour leur usage de manchon isolant de fours dans un environnement industriel, et, 10 grâce à un choix approprié du matériau isolant, un excellent rapport « pouvoir isolant / masse ».

Par ailleurs, ne nécessitant pas d'enroulement, la fabrication des ces dispositifs est à la fois simple et apte à s'appliquer à toute forme de dispositif tubulaire, puisqu'il comprend une 15 préparation d'éléments isolants, par découpe dans un matériau isolant en bande ou en feuille, suivi de leur mise en forme éventuelle puis de leur assemblage grâce à une colle, en formant au moins deux couches. Ce procédé ne fait donc appel qu'à un nombre limité d'équipements industriels de sorte qu'il 20 est à la fois économique et néanmoins d'une grande flexibilité pour former des dispositifs de toutes sortes de formes ou de dimensions.

Description des figures

Toutes les figures sont relatives à l'invention.

25 Les figures 1a à 1g représentent schématiquement différentes étapes de la fabrication d'un dispositif isolant tubulaire selon l'invention.

4a

La figure 1a représente, en coupe partielle selon un plan transversal, le matériau isolant à structure

5

bidimensionnelle d'épaisseur E_M servant à former lesdits éléments isolants (4).

Les figures 1b et 1c sont des vues, en coupe transversale, des éléments isolants plans (4, 4a) formé par découpage
5 dans ledit matériau (2) de la figure 1a, et notés respectivement E_{P1} et E_{P2} , l'élément isolant plan E_{P1} de la figure 1b, destiné à former un élément isolant de la première couche C_1 , présentant une largeur l_1 moindre que celle l_2 de l'élément isolant plan E_{P2} de la figure 1c et
10 destiné à former un élément isolant de la seconde couche C_2 .

Les figures 1d et 1e, analogues aux figures 1b et 1c, représentent les éléments isolants cintrés E_{C1} et E_{C2} formés par cintrage respectivement des éléments isolants
15 plans E_{P1} et E_{P2} des figures 1b et 1c.

La figure 1f est une vue, en coupe transversale dans un plan perpendiculaire à sa direction axiale (11), de l'ébauche (5) formée par assemblage, sur deux couches C_1 et C_2 , des huit éléments isolants cintrés E_{C1} et E_{C2} des
20 figures 1d et 1e (quatre éléments isolants par couche C_i), cet assemblage étant formé par un collage sur chant (60) entre éléments cintrés (4, 4b) d'une même couche C_i , et par collage dit inter-couche (61) entre les couches C_1 et C_2 , les couches C_1 et C_2 étant orientées de manière à ce
25 que les jonctions axiales J_{A1} (30,31) de la première couche C_1 (3, 3a) soient angulairement décalées par rapport aux jonctions axiales J_{A2} (30, 31) de la seconde couche C_2 (3,3b).

La figure 1g est une vue partielle de côté de l'ébauche
30 (5) de la figure 1f.

La figure 2a est analogue à la figure 1f et représente une autre modalité d'ébauche (5), et donc dispositif isolant

tubulaire (1), comprenant également deux couches C_1 et C_2 , chaque couche C_i comprenant 3 éléments isolants (4, 4b) par couche C_i .

La figure 2b, analogue à la figure 2a, illustre une autre modalité d'ébauche (5) et de dispositif (1), dans laquelle le nombre N de couches C_i est égal à 3, chaque couche C_i comprenant deux éléments E_i .

Les figures 2c et 2d sont des vues agrandies des parties cerclées « c » et « d » de la figure 2b, qui illustrent respectivement le collage sur chant (60) entre éléments cintrés (4b) d'une même couche C_i et le collage inter-couche (61) entre deux couches adjacentes C_i et C_{i+1} , soit entre les couches C_1 et C_2 sur la figure 2b.

Les figures 3a à 3f illustrent différentes formes de parois latérales (10) des dispositifs (1) et d'ébauches (5) correspondantes.

Les figures 3a à 3c sont relatives à des tubes (1a) à parois latérales (10) à section constante, sur toute leur longueur axiale L .

La figure 3a est une vue de côté de la paroi latérale (10), sur laquelle n'ont pas été représentées les zones de jonction axiale J_i (30).

Les figures 3b et 3c représentent deux sections transversales extérieures de la paroi latérale (10) de la figure 3a, la figure 3b correspondant à une paroi cylindrique de diamètre extérieur D , et la figure 3c correspondant à une paroi hexagonale à 6 pans dont la section extérieure est inscrite dans un cercle de diamètre D .

Les figures 3d à 3f, analogues respectivement aux figures 3a à 3c, sont relatives à des tubes (1b) à section

7

variable sur leur longueur axiale L et de diamètre extérieure moyen D_M à mi-hauteur.

La figure 3d représente la paroi (10) de forme tronconique en vue de côté.

- 5 La figure 3e schématise le cas d'une section circulaire, tandis que la figure 3f schématise le cas d'une section polygonale (hexagonale).

La figure 4a, analogue à la figure 1g ou 3a, représente un
10 dispositif (1) ou une ébauche (5) dite de grande longueur axiale L , dont chaque couche C_i comprend au moins une zone de jonction transversale J_{Ti} (32) afin de rabouter lesdits éléments cintrés (4, 4b) selon ladite direction axiale (11). La couche intérieure C_1 (3a) comprend deux jonctions
15 transversales J_{T1} décalées axialement par rapport à la jonction transversale unique J_{T2} de la couche extérieure C_2 (3b).

La figure 4b est une vue de dessous du dispositif (1) de la figure 4a.

- 20 La figure 4c est une coupe axiale de la paroi (10) selon le plan B-B de la figure 4b passant par ladite direction axiale (11).

Les figures 4d et 4e illustrent, en coupe transversale partielle, deux modalités de matériau (2') à base de
25 graphite expansé constituant ledit matériau isolant (2) et formant un matériau multicouche (2a).

La figure 4d représente un matériau multicouche (2a) comprenant deux couches de graphite expansé : une couche dite « de faible densité » (20) et une couche dite de
30 « haute densité » (21), la couche de haute densité (21) présentant par exemple une épaisseur au moins deux fois plus faible que celle de la couche de faible densité (20).

La figure 4e, analogue à la figure 4d, forme un matériau tri-couche (2) comprenant une couche centrale (23) formant une couche de faible densité (20), et deux couches externes (22) formant deux couches de haute densité (21).

5 La figure 4f est une coupe transversale partielle d'une paroi (10) comprenant deux couches C_1 et C_2 formées à partir du matériau de la figure 4d et assemblées par une couche de colle (61) entre les couches C_1 et C_2 . Comme on peut le voir sur la figure 4f, les couches de haute
10 densité (21) forment les surfaces intérieure et extérieure de ladite paroi (10).

Les figures 5a à 5e illustrent schématiquement différentes vues d'une modalité de fabrication d'une ébauche (5)
15 utilisant à la fois un mandrin de conformation (7) et un moule de conformation (8).

La figure 5a représente, en perspective, deux couches C_1 et C_2 de matériau isolant (2,2') disposées sur le mandrin (7).

20 La figure 5b représente une coupe, selon la direction axiale (11), du moule de conformation (8) à deux demi-coques (80) contenant l'ensemble constitué par les éléments de la figure 5a, de manière à comprimer lesdites couches C_i (3) entre un mandrin rigide et les demi-coques
25 typiquement métalliques du moule, et ainsi à donner à ladite ébauche (5) des dimensions prédéterminées.

La figure 5c représente en vue de côté l'ensemble, en sortie du moulé, formé par le mandrin (7) plus l'ébauche (5) aux dimensions prédéterminées, la figure 5d
30 représentant l'ébauche (5) séparée du mandrin (7) représenté sur la figure 5e.

Description détaillée de l'invention

Selon l'invention, et comme illustré sur les figures 1g et 4a, lesdites zones de jonction J_i (30) peuvent comprendre des zones de jonction axiales J_{Ai} (31) de longueur axiale au plus égale à L.

Cependant, comme illustré sur les figures 4a et 4c, lesdites zones de jonction J_i (30) peuvent comprendre des zones de jonction transversales J_{Ti} (32) de manière à obtenir un dispositif isolant tubulaire (1, 1') dit de grande longueur axiale L.

Par contre, quand il n'est pas nécessaire de rabouter les éléments (4) selon ladite direction axiale (11) comme illustré sur les figures 4a et 4c, lesdites zones de jonction J_i peuvent être constituées par des zones de jonction axiales J_{Ai} (31) de longueur axiale égale à L.

Avantageusement, lesdits n_i éléments isolants E_i axiaux prédécoupés (4) d'une même couche C_i peuvent être identiques, ladite pluralité de jonctions J_i formant ladite pluralité de jonctions axiales J_{Ai} (31), les n_i jonctions axiales J_{Ai} (31) de ladite pluralité étant espacées angulairement par rapport à ladite direction axiale (11) d'un angle de $360^\circ/n_i$. Cependant, dans le cas de la fabrication d'un dispositif « sur mesure » de configuration relativement complexe, il serait possible de juxtaposer des éléments isolants (4) différents par leur forme, à la manière dont on assemble les différentes pièces d'un puzzle, mais sur une surface déployée dans l'espace tridimensionnel.

10

Comme illustré sur les figures 1f, 2a et 2b, le nombre N de couches C_i (3) peut être au moins égal à 2.

Le nombre n_i d'éléments isolants E_i (4) peut être un nombre n qui reste le même pour chaque couche C_i (3) dudit
5 dispositif isolant tubulaire (1), n variant typiquement avec ledit diamètre moyen D .

Ainsi, par exemple :

- n peut valoir 2 pour D allant de 286 mm à 573 mm,
- n peut valoir 3 pour D supérieur à 573 mm et inférieur à
10 907 mm,
- n peut valoir 4 pour D au moins égal à 907 mm.

Comme illustré sur les figures 1a à 1f, avant l'étape b) du procédé, on peut former à partir des dits n_i éléments isolants (4), par exemple à partir de n_i éléments isolants
15 plans (4a), n_i éléments isolants cintrés (4b), de manière à présenter un rayon de courbure R_i dans un plan transversal perpendiculaire à ladite direction axiale (11), correspondant à celui de ladite couche C_i correspondante, ledit rayon R_i augmentant d'une couche C_i
20 à la couche suivante C_{i+1} de plus grand diamètre moyen D_{i+1} .

Dans le procédé selon l'invention, et comme illustré sur les figures 5a à 5e, lors de ladite étape b2), ladite ébauche (5) peut être placée dans un moule de conformation
25 (8) comprenant, par exemple, deux demi-coques (80), de manière à ce que, les deux demi-coques (80) réunies et fermées assurent à ladite ébauche (5) et in fine audit dispositif isolant tubulaire (1) des dimensions ou cotes géométriques prédéterminées et reproductibles.

Selon l'invention, ledit matériau isolant (2) peut être un matériau (2') à base de graphite expansé d'épaisseur E_M allant de 2 à 30 mm, et allant de préférence de 5 à 20 mm.

- 5 De préférence, et comme illustré sur les figures 4d et 4e, ledit matériau à base de graphite expansé (2') peut être un matériau multicouche (2a) comprenant au moins une couche dite de « faible » densité (20), sa densité étant inférieure à $0,4 \text{ g/cm}^3$ (400 kg/m^3) et au moins une couche
10 dite de « haute » densité (21), sa densité étant au moins égale à $0,4 \text{ g/cm}^3$.

Ladite couche de haute densité (21) peut présenter une densité allant de $0,8 \text{ g/cm}^3$ à $1,2 \text{ g/cm}^3$ et dans lequel ladite couche de faible densité (20) présente une densité
15 allant de $0,03 \text{ g/cm}^3$ à $0,2 \text{ g/cm}^3$.

Comme illustré sur la figure 4e, ledit matériau multicouche (2a) peut être un matériau dit « tricouche » (2b) comprenant deux couches externes (22, 21) de haute densité disposées de part et d'autre d'une couche centrale
20 (23, 20) de faible densité.

Avantageusement, de manière à obtenir un rapport « pouvoir isolant / masse » élevé, l'épaisseur E_f de la couche centrale de faible densité (20, 23) peut être au moins deux fois plus élevée que l'épaisseur E_h de la couche
25 externe de haute densité (21, 22), et de préférence au moins trois fois plus élevée.

Selon l'invention, ladite colle (6) peut comprendre une résine thermodurcissable, par exemple une résine
30 phénolique, ou une résine thermoplastique, ladite colle étant sous forme de poudre ou sous forme liquide, ladite

12

colle étant avantageusement chargée d'une poudre électro-conductrice de graphite ou de noir de carbone.

Ledit traitement thermique peut comprendre une cuisson à une température d'au moins 800° C, et de préférence d'au
5 moins 1000°C.

Ledit traitement thermique peut comprendre un traitement complémentaire de pyrolyse flash de méthane de manière à augmenter la rigidité dudit dispositif isolant.

En outre, ledit traitement thermique peut comprendre une
10 étape de purification dudit dispositif isolant dans laquelle ledit dispositif isolant est porté à 2000°C, de manière à éliminer tout élément volatil.

Enfin, ledit traitement thermique peut être suivi d'un usinage.

15

Comme illustré sur les figures 3a à 3c, ledit dispositif isolant tubulaire (1) peut former un tube (1a) à section constante sur sa longueur axiale L, ladite section étant circulaire de diamètre D ou ovale ou polygonale.

20 Cependant, comme illustré sur les figures 3d à 3f, ledit élément isolant tubulaire (1) peut former un tube (1b) à section uniformément variable sur sa longueur axiale L, ladite section étant circulaire de diamètre moyen D_M ou ovale ou polygonale.

25 Par exemple, ladite longueur axiale L peut varier de 0,1m à 3m, et ladite épaisseur E_p peut aller de 5 mm à 80 mm, le rapport L/D ou L/ D_M pouvant aller de 0,5 à 5.

Un autre objet de l'invention est constitué par un
30 dispositif isolant tubulaire (1) typiquement obtenu par le

procédé selon l'invention. Ce dispositif isolant tubulaire (1) comprend une paroi latérale (10) d'épaisseur E_p allant de 5 mm à 80 mm, de longueur axiale L allant de 0,1m à 3m, dotée d'une direction axiale (11), ladite paroi latérale (10) formant une superposition étant constitué par une pluralité de N couches C_i (3) d'un matériau isolant (2), avec i allant de 2 à N .

Il est caractérisé en ce que :

- a) chaque couche C_i (3) comprend une pluralité de n_i éléments isolants E_i axiaux (4) constitués dudit matériau isolant (2) de manière à ce que lesdits éléments isolants E_i axiaux (4) soient juxtaposés bord (40) à bord (40') selon une pluralité de zones de jonction J_i (30),
- b) deux couches successives C_i et C_{i+1} sont assemblées grâce à une colle (6), lesdites couches successives C_i et C_{i+1} étant orientées l'une par rapport à l'autre de manière à ce que la pluralité de zones de jonction J_{i+1} de ladite couche C_{i+1} soit décalée par rapport à la pluralité de zones de jonction J_i e ladite couche C_i , et qu'ainsi ledit dispositif isolant tubulaire (1) obtenu in fine présente une grande résistance mécanique.

Dans ce dispositif, ledit matériau isolant (2) peut être un matériau (2') à base de graphite expansé d'épaisseur E_M allant de 2 à 30 mm, et allant de préférence de 5 à 20 mm.

Ledit matériau à base de graphite expansé (2') peut être un matériau multicouche (2a) comprenant au moins une couche dite de « faible » densité (20), sa densité étant inférieure à 0,4 g/cm³ (400 kg/m³) et au moins une couche

dite de « haute » densité (21), sa densité étant au moins égale à $0,4 \text{ g/cm}^3$.

Ladite couche de haute densité (21) peut présenter une densité allant de $0,8 \text{ g/cm}^3$ à $1,2 \text{ g/cm}^3$ et dans lequel
5 ladite couche de faible densité (20) présente une densité allant de $0,03 \text{ g/cm}^3$ à $0,2 \text{ g/cm}^3$.

Ledit matériau multicouche (2a) peut être un matériau dit « tricouche » (2b) comprenant deux couches externes (22, 21) de haute densité disposées de part et d'autre d'une
10 couche centrale (20, 23) de faible densité.

Ladite couche centrale de faible densité (20, 23) peut présenter une épaisseur E_f au moins deux fois plus élevée que l'épaisseur E_h de la couche externe de haute densité (21, 22), et de préférence au moins trois fois plus
15 élevée.

Exemples:

Les figures 1a à 5e constituent des exemples de
20 réalisation.

Pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention, on a aussi fabriqué ainsi des dispositifs de forme complexe ne présentant pas de symétrie de révolution, et notamment dans ce cas, on a utilisé des moyens informatiques
25 permettant, à partir de la définition géométrique précise dudit dispositif (1) introduite en mémoire d'ordinateur, de définir la pluralité d'éléments isolants E_i de chaque couche C_i , de manière à ce que l'ensemble des zones de jonction (30, 31, 32) soient décalées.

30 Dans le cas où les éléments isolants (4) ne sont pas de forme simple et ne conduisent pas à un pavage régulier et compact, on a utilisé des moyens informatiques pour

15

optimiser le découpage de ces éléments et minimiser les chutes et pertes de matériau isolant.

Toutefois, on a pu recycler ces chutes en les homogénéisant et en les incorporant en faible pourcentage
 5 (de préférence < 10 %) dans la couche de faible densité (20).

On a utilisé différents types de mandrins. Les mandrins ont été revêtus d'agents glissants de manière à faciliter la séparation entre ébauche (5) et mandrin (7). On a aussi
 10 utilisé des mandrins à noyau rétractable, de manière à faciliter encore cette séparation.

AVANTAGES DE L'INVENTION

15 Le procédé selon l'invention présente de grands avantages. En effet, outre qu'il résout les problèmes posés, il peut être facilement automatisé et adapté à toute configuration de dispositif (1), même de forme complexe.

Liste des repères

	Dispositif isolant tubulaire	1
	Dispositif 1 de grande longueur axiale L	1'
	Tube à section constante	1a
25	Tube à section variable	1b
	Paroi latérale	10
	Direction axiale	11
	Matériau isolant à structure bidimensionnelle.	2
	Matériau à base de graphite expansé	2'
30	Matériau multicouche	2a
	Matériau tricouche	2b
	Couche de « faible densité »	20
	Couche de « haute densité »	21

	16	
	Couche externe	22
	Couche centrale	23
	Couche C_i de 1	3
	Couche intérieure	3a
5	Couche extérieure	3b
	Couche centrale	3c
	Zone de jonction J_i de 3.	30
	Zone de jonction axiale J_{Ai}	31
	Zone de jonction transversale J_{Ti}	32
10	Elément isolant E_i axial	4
	Elément isolant plan E_{Pi}	4a
	Elément isolant cintré E_{Ci}	4b
	Bord de juxtaposition	40, 40'
	Ebauche de 1	5
15	Colle	6
	Zone de collage sur chant bord à bord	60
	Zone de collage inter-couche	61
	Mandrin axial	7
	Moule de conformation	8
20	Demi-coques du moule	80

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un dispositif isolant tubulaire
5 comprenant une paroi latérale d'épaisseur E_p , de longueur axiale L , dotée d'une direction axiale, dans lequel on approvisionne un matériau isolant à structure bidimensionnelle d'épaisseur $E_M < E_p$, avec E_M au plus égal à $0,5 \cdot E_p$, et on met en forme ledit matériau isolant en
10 superposant une pluralité de N couches C_i dudit matériau isolant, avec i allant de 2 à N , ledit dispositif isolant tubulaire comprenant au moins deux couches C_1 et C_2 dudit matériau isolant :
- a) pour chaque couche C_i , on forme une pluralité de n_i
15 éléments isolants E_i axiaux prédécoupés dans ledit matériau isolant de manière à ce que lesdits n_i éléments isolants E_i puissent former ladite couche C_i , après une juxtaposition bord à bord et grâce à une déformation adaptée,
- 20 b) on forme une ébauche dudit dispositif isolant tubulaire en :
- b1) assemblant, grâce à une colle, sur un mandrin axial de conformation, couche après couche, et en commençant par la première couche intérieure C_1 , les
25 n_i éléments E_i de chaque couche C_i juxtaposés bord à bord selon une pluralité de zones de jonction J_i , les éléments E_{i+1} de la couche C_{i+1} étant décalés par rapport aux éléments E_i de la couche plus intérieure C_i , de manière à ce que la pluralité de zones de
30 jonction J_{i+1} soit décalée par rapport à la pluralité de zones de jonction J_i , et qu'ainsi ledit dispositif isolant tubulaire obtenu in fine présente une grande résistance mécanique,

b2) puis en polymérisant ladite colle, de manière à rigidifier ladite ébauche,

c) ladite ébauche d'élément tubulaire est soumise à un traitement thermique, de manière à carboniser ladite colle, et ainsi à obtenir, le cas échéant après séparation dudit mandrin, ledit dispositif isolant tubulaire.

2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel lesdites zones de jonction J_i comprennent des zones de jonction axiales J_{Ai} de longueur axiale au plus égale à L .

3. Procédé selon la revendication 2 dans lequel lesdites zones de jonction J_i comprennent des zones de jonction transversales J_{Ti} de manière à obtenir un dispositif isolant tubulaire dit de grande longueur axiale L .

4. Procédé selon la revendication 2 dans lequel desdites zones de jonction J_i sont constituées par des zones de jonction axiales J_{Ai} de longueur axiale égale à L .

5. Procédé selon la revendication 4 dans lequel lesdits n_i éléments isolants E_i axiaux prédécoupés d'une même couche C_i sont identiques, ladite pluralité de jonctions J_i formant ladite pluralité de jonctions axiales J_{Ai} , ni les jonctions axiales J_{Ai} de ladite pluralité étant espacées angulairement rapport à ladite direction axiale d'un angle de $360^\circ/n_i$.

6. Procédé selon la revendication 1 dans lequel le nombre n_i d'éléments isolants E_i est un nombre n qui reste le même

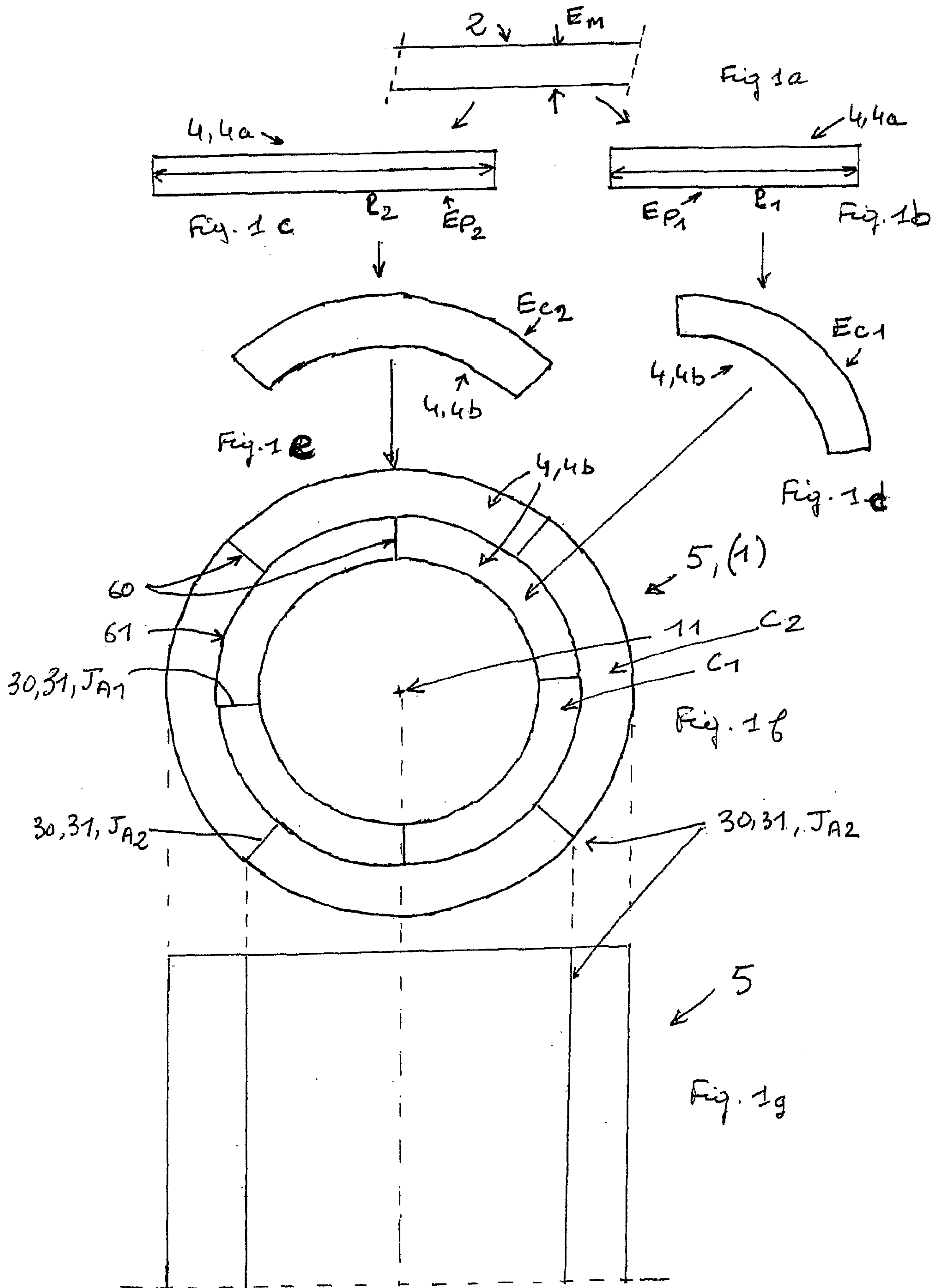
même pour chaque couche C_i dudit dispositif isolant tubulaire, n variant typiquement avec ledit diamètre moyen D .

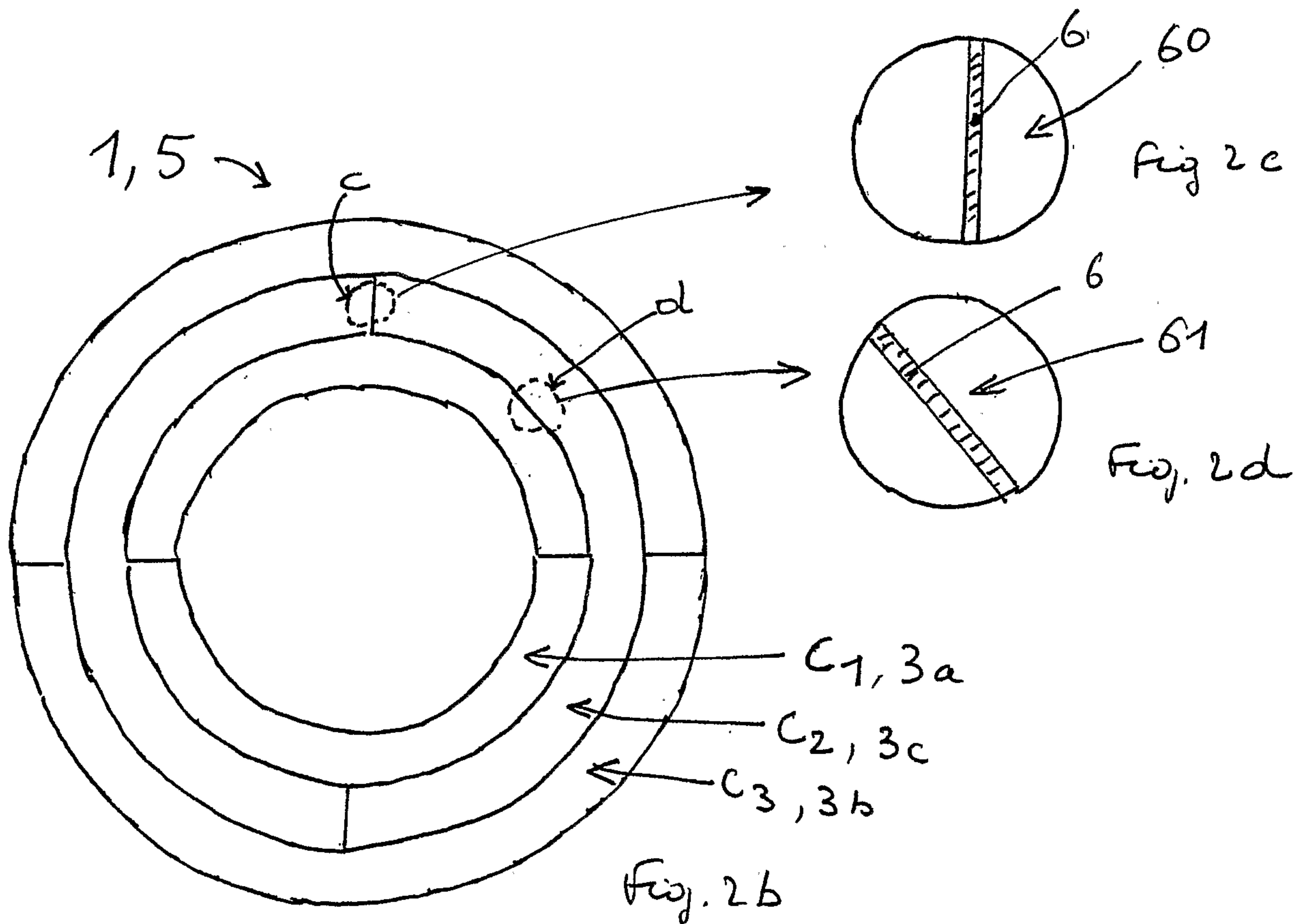
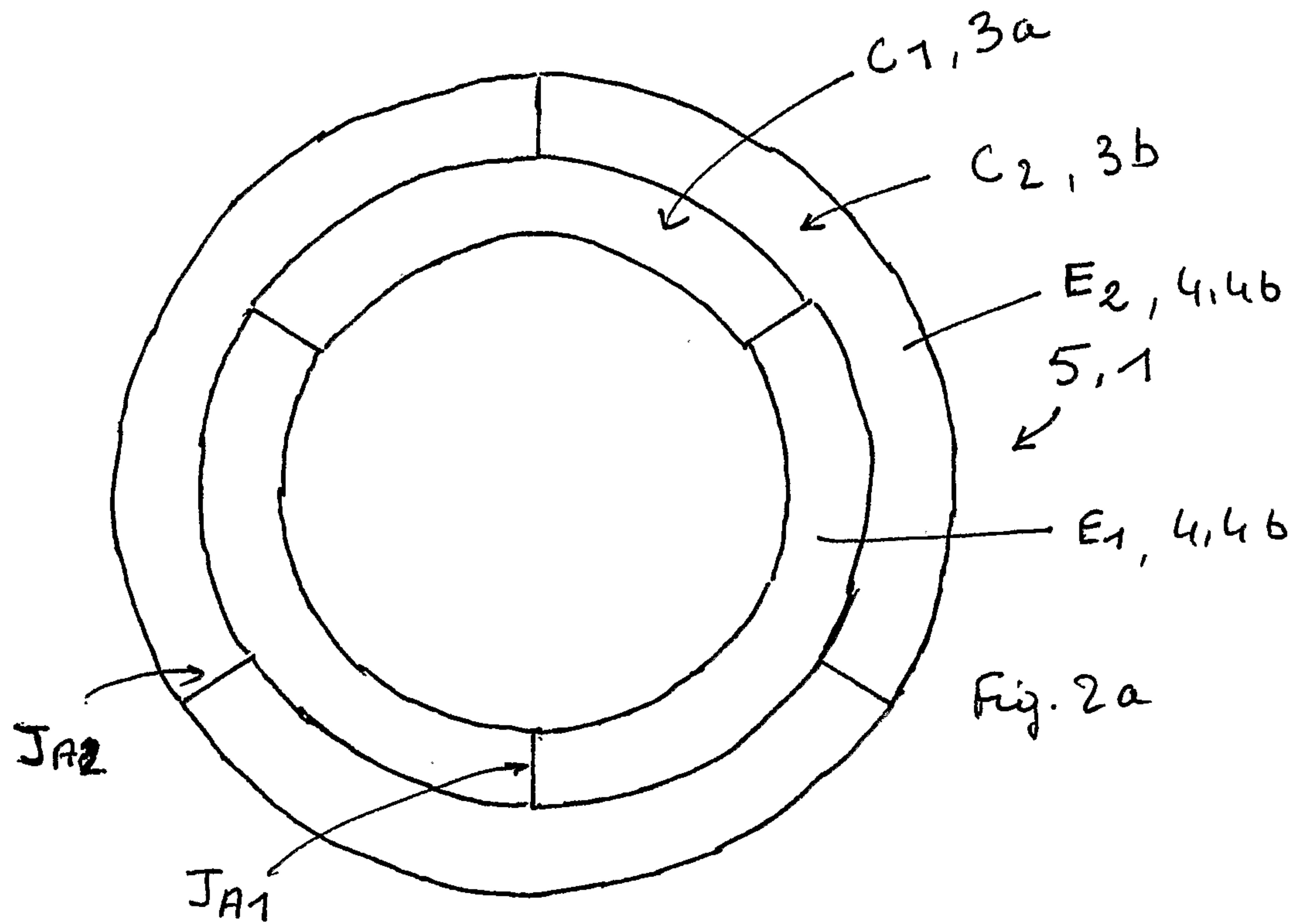
- 5 7. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 6 dans lequel, avant l'étape b), on forme à partir des dits n_i éléments isolants, à partir du n_i éléments isolants plans, n_i éléments isolants cintrés, de manière à présenter un rayon de courbure R_i dans un plan transversal perpendiculaire à ladite direction axiale, correspondant à celui de ladite couche C_i correspondante, ledit rayon R_i augmentant d'une couche C_i à la couche suivante C_{i+1} de plus grand diamètre moyen D_{i+1} .
- 10 8. Procédé selon une quelconques des revendications 1 à 7 dans lequel, lors de ladite étape b2), ladite ébauche est placée dans un moule de conformation comprenant deux demi-coques, de manière à ce que les deux demi-coques réunies et fermées assurent à ladite ébauche et in fine audit dispositif isolant tubulaire des dimensions ou cotes géométriques prédéterminées et reproductibles.
- 15 9. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 8 dans lequel ledit matériau isolant est un matériau à base de graphique expansé d'épaisseur E_M allant de 2 à 30 mm, et allant de 5 à 20 mm.
- 20 10. Procédé selon la revendication 9 dans lequel ledit matériau à base de graphite expansé est un matériau multicouche comprenant au moins une couche dite de « faible » densité, sa densité étant inférieure à 0,4 g/cm³ (400 kg/m³) et au moins une couche dite de « haute » densité, sa densité étant au moins égale à 0,4 g/cm³.
- 25 30

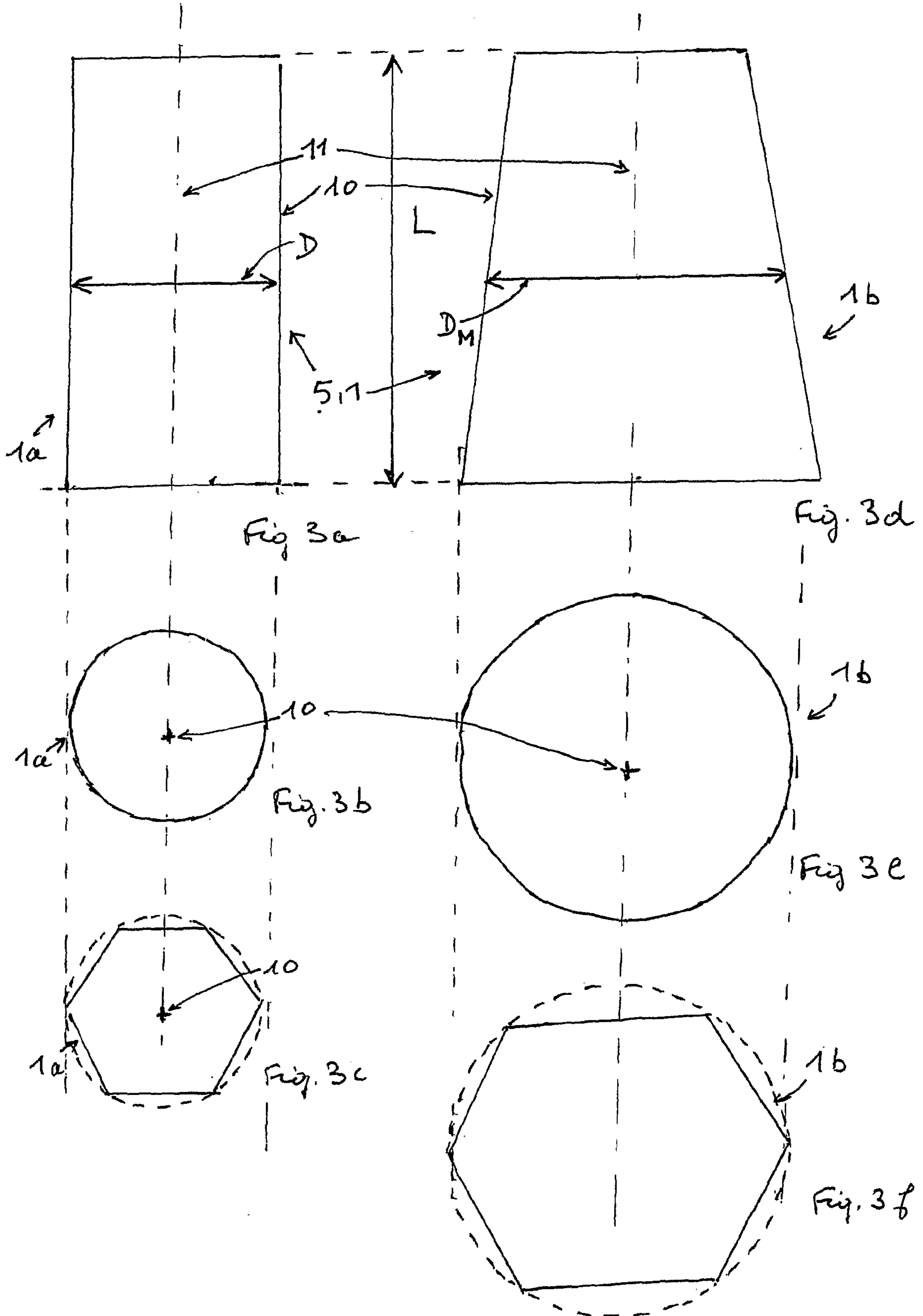
11. Procédé selon la revendication 10 dans lequel ladite couche de haute densité présente une densité allant de 0,8 g/cm³ à 1,2 g/cm³ et dans lequel ladite couche de faible densité présente une densité allant de 0,03 g/cm³ à 0,2 g/cm³.
12. Procédé selon une quelconque des revendications 10 à 11 dans lequel ledit matériau multicouche est un matériau dit « tricouche » comprenant deux couches externes de haute densité disposées de part et d'autre d'une couche centrale de faible densité.
13. Procédé selon la revendication 12 dans lequel l'épaisseur E_f de la couche centrale de faible densité est au moins deux fois plus élevée que l'épaisseur E_h de la couche externe de haute densité, et au moins trois fois plus élevée.
14. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 13 dans lequel ladite colle comprend une résine thermodurcissable, une résine phénolique, ou une résine thermoplastique, ladite colle étant sous forme de poudre ou sous forme liquide, ladite colle étant avantageusement chargée d'une poudre électro-conductrice de graphite ou de noir de carbone.
15. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 14 dans lequel ledit traitement thermique comprend une cuisson à une température d'au moins 800° C, et d'au moins 1000° C.
16. Procédé selon la revendication 15 dans lequel ledit traitement thermique comprend un traitement complémentaire

de pyrolyse flash de méthane de manière à augmenter la rigidité dudit dispositif isolant.

- 5 17. Procédé selon une quelconque des revendications 15 à 16 dans lequel ledit traitement thermique comprend une étape de purification dudit dispositif isolant dans laquelle ledit dispositif isolant est porté à 2000° C, de manière à éliminer tout élément volatil.
- 10 18. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 17 dans lequel ledit traitement thermique est suivi d'un usinage.
- 15 19. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 18 dans lequel ledit dispositif isolant tubulaire forme un tube à section constante sur sa longueur axiale L, ladite section étant circulaire de diamètre D ou ovale ou polygonale.
- 20 20. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 18 dans lequel ledit dispositif isolant tubulaire forme un tube à section uniformément variable sur sa longueur axiale L, ladite section étant circulaire de diamètre moyen D_M ou ovale ou polygonale.
- 25 21. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 20 dans lequel ladite longueur axiale L varie de 0,1 m à 3 m et dans lequel ladite épaisseur E_p varie de 5 mm à 80 mm.
- 30 22. Procédé selon la revendication 21 dans lequel le rapport L/D ou L/D_M va de 0,5 à 5.







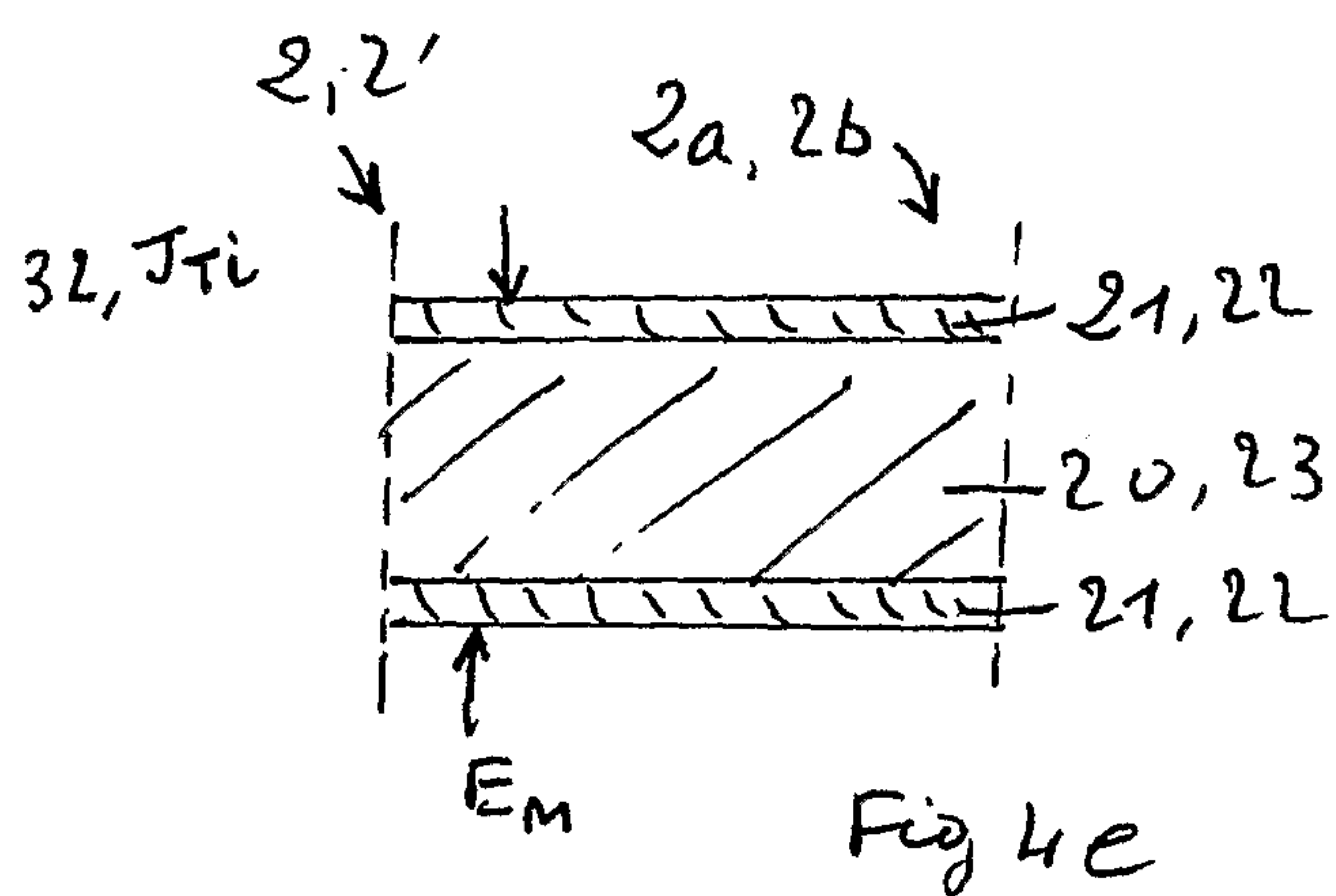
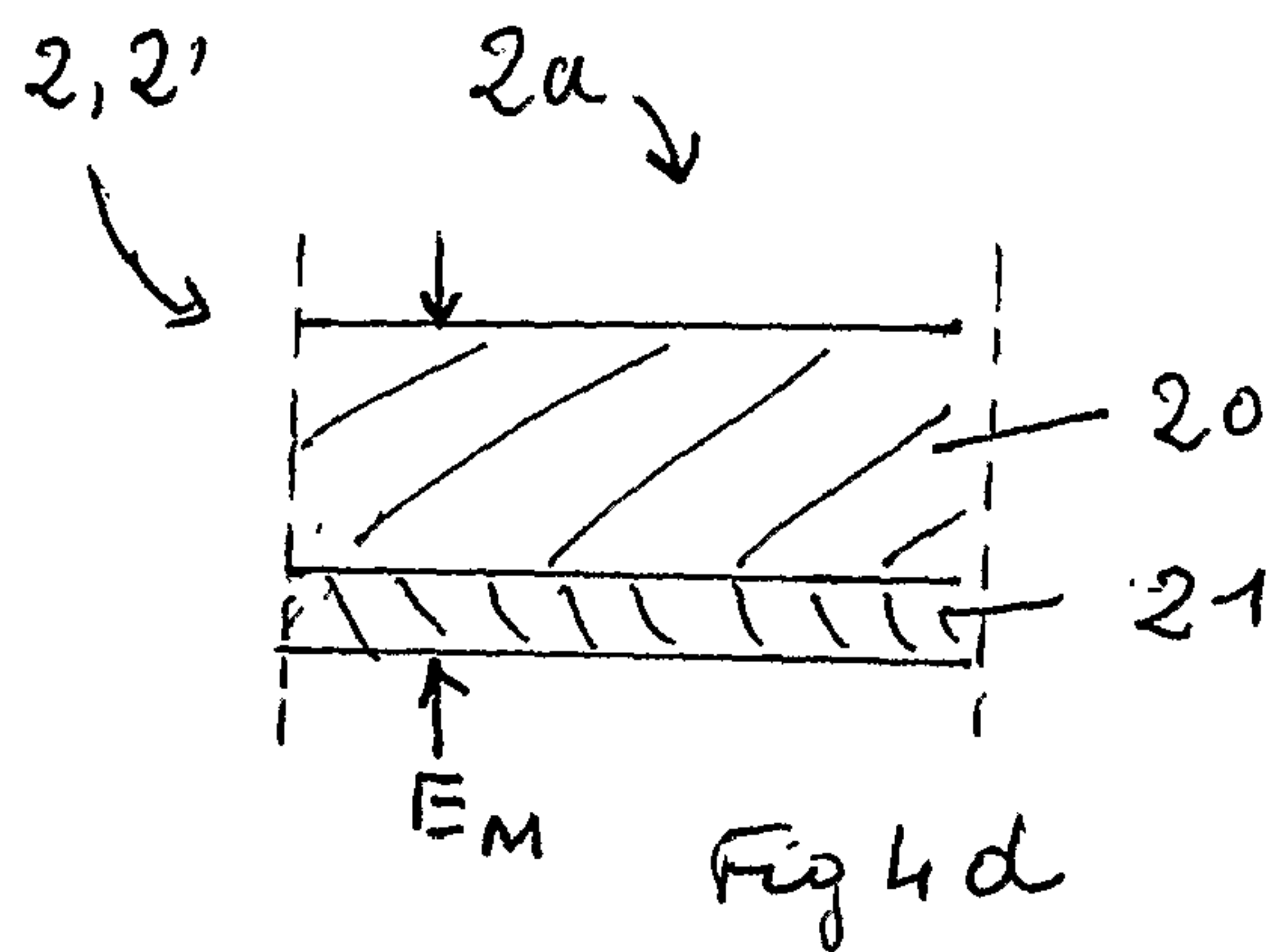
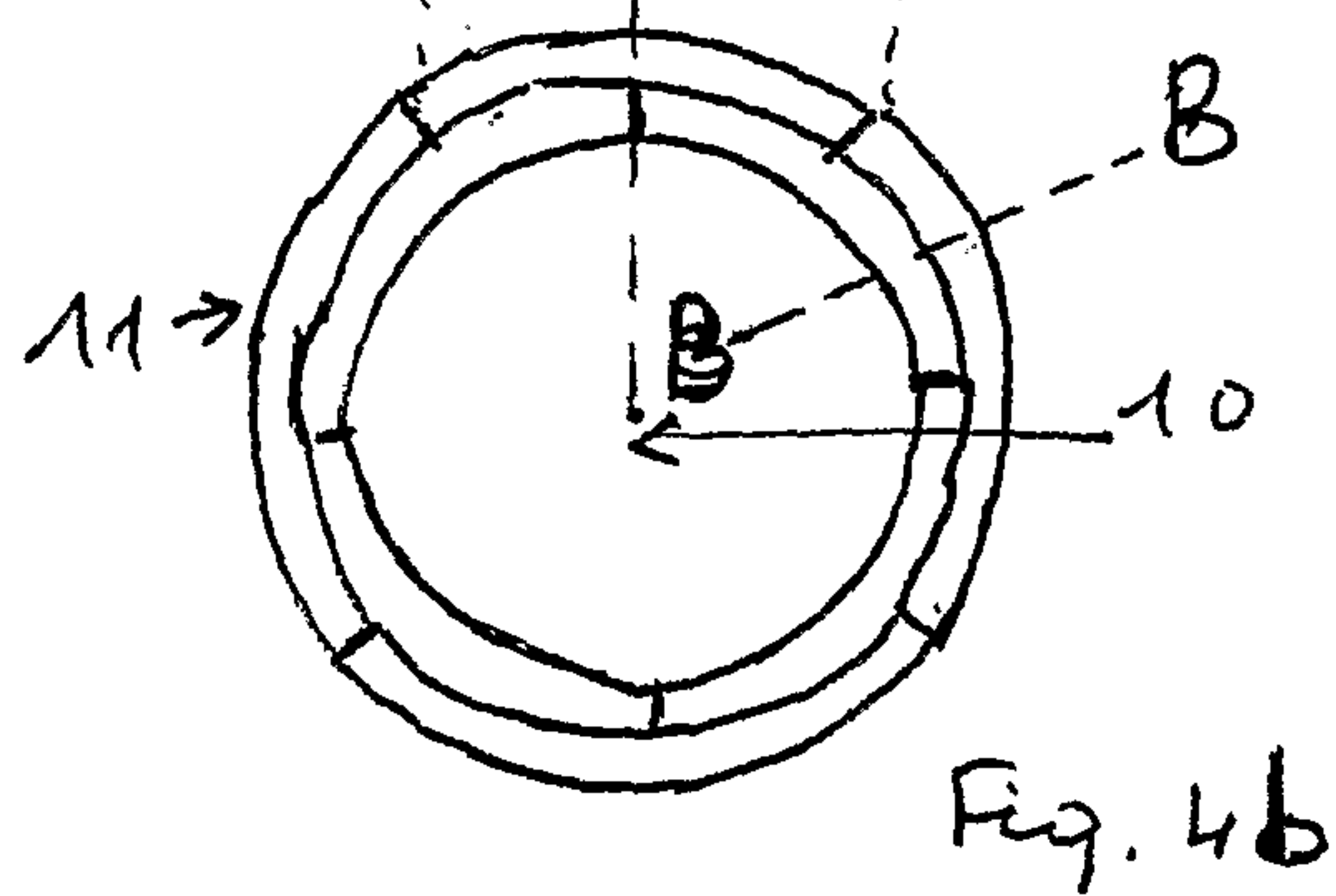
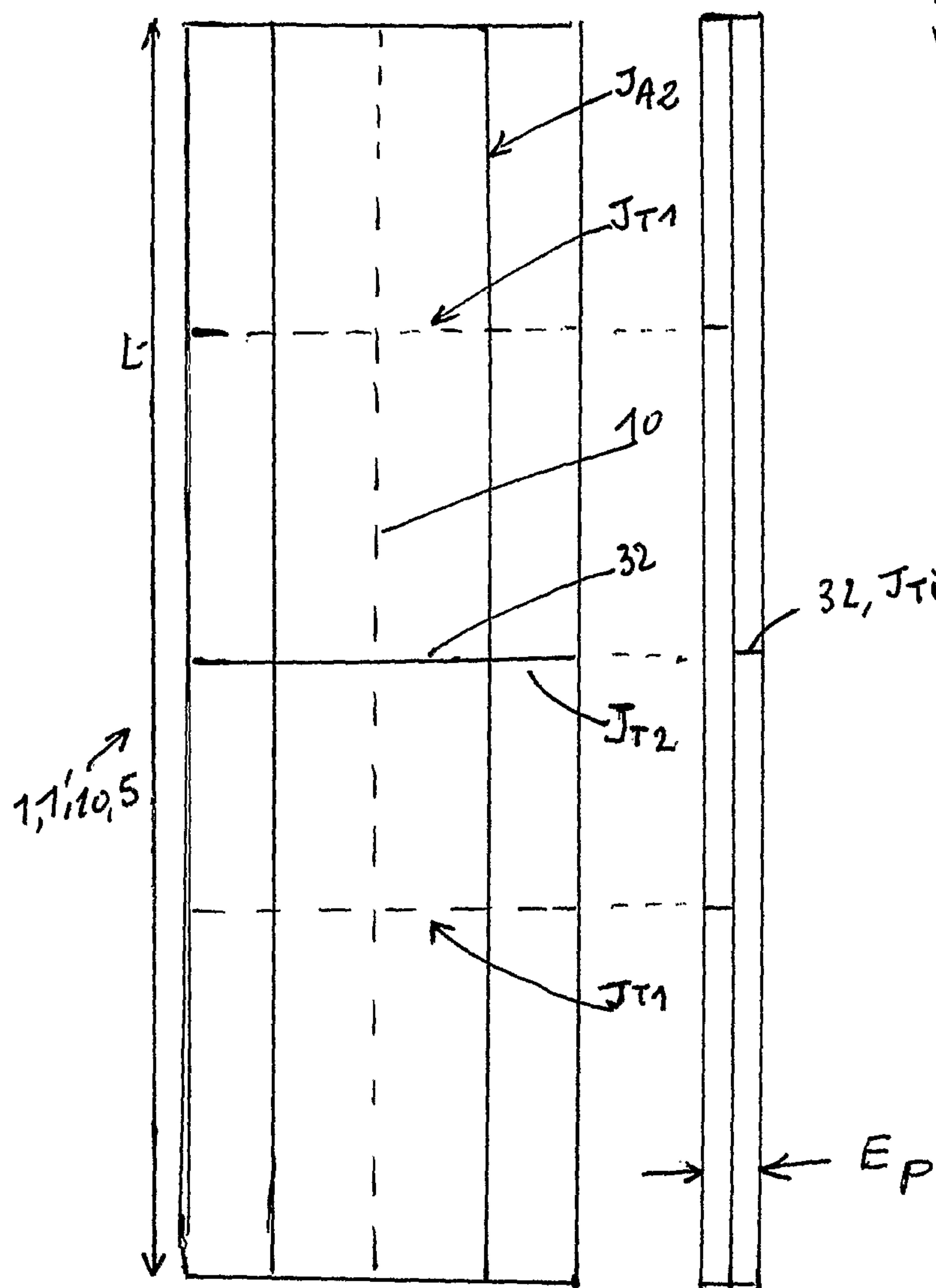


Fig. 4c

