

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
—  
PARIS  
—

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 622 044**

(21) N° d'enregistrement national :

**87 14374**

(51) Int Cl<sup>4</sup> : H 01 G 1/13; H 01 M 3/06, 9/04.

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 19 octobre 1987.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPi « Brevets » n° 16 du 21 avril 1989.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : Société anonyme dite : AEROSPATIALE, SOCIÉTÉ NATIONALE INDUSTRIELLE. — FR.

(72) Inventeur(s) : André Lherm ; Bernard Raveu ; Alain Nicolas.

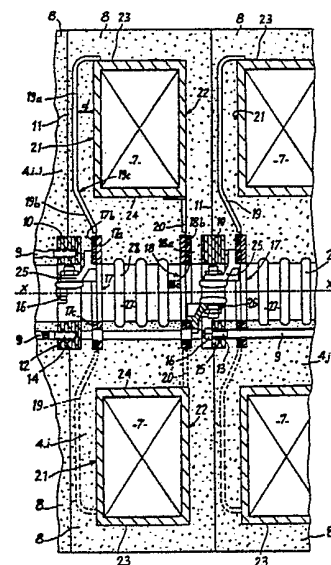
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Propri Conseils.

(54) Dispositif de stockage d'énergie électrique à très haute tension, notamment pour générateur de Marx à haute densité d'énergie, et électrode pour un tel dispositif.

(57) Dispositif de stockage d'énergie électrique à très haute tension, du type comportant une pluralité d'étages de condensateur 4.1 à 4.n dont chacun se présente sous la forme d'une couronne et est pourvu, du côté de chacune des faces d'extrémité 21, 22 du condensateur 7 correspondant, d'au moins une électrode 19, 20, lesdites couronnes étant coaxiales et réparties le long de leur axe commun X-X, chaque électrode 19, 20 étant radiale par rapport à la couronne correspondante et constituée d'une bande métallique mince dont le plan est de direction générale perpendiculaire audit axe commun X-X et parallèle auxdites faces d'extrémité 21, 22 desdites couronnes.

Selon l'invention, ce dispositif est remarquable en ce que, au moins en ce qui concerne certaines portions desdites électrodes qui se trouvent en regard d'une face d'extrémité 21, 22 de l'étage de condensateur correspondant, les bords longitudinaux desdites électrodes sont arrondis, de façon à ne pas présenter d'arête d'extrémité longitudinale en regard de ladite face d'extrémité 21, 22.



FR 2 622 044 - A1

D

1 La présente invention concerne un dispositif de stockage  
d'énergie électrique à très haute tension, particulière-  
ment, quoique non exclusivement, approprié à être utilisé  
dans un générateur de Marx, ainsi que les électrodes d'un  
5 tel dispositif de stockage.

Cette invention résulte de la collaboration entre le  
Département d'Electrotechnique de l'Ecole Centrale de Lyon  
(Unité associée au CNRS n° 829) et le Laboratoire d'Essais  
Electromagnétiques de l'Etablissement d'Aquitaine de la  
10 Déposante.

On sait qu'un générateur de Marx est constitué par  
plusieurs étages de condensateur qui sont chargés en  
parallèle et déchargés en série. Chaque étage de condensa-  
teur peut être chargé sous des tensions supérieures à  
15 plusieurs centaines de kilovolts, de sorte que la tension  
et l'énergie disponibles à la sortie dudit générateur  
peuvent respectivement atteindre quelques mégavolts et  
quelques dizaines de kilojoules.

Par exemple, dans le document JAPANESE JOURNAL OF APPLIED  
20 PHYSICS, Vol.20 (1981) Dec.,No.12, Yusuke KUBOTA, Jun-ichi  
KODAIRA et Akira MIYAHARA décrivent un générateur de Marx,  
dans lequel chaque étage de condensateur se présente sous  
la forme d'une couronne, lesdites couronnes étant disposées  
parallèlement l'une à la suite de l'autre, coaxialement à  
25 un axe commun. Pour sa jonction aux éclateurs qui se  
trouvent au voisinage dudit axe, chaque étage de condensa-  
teur est pourvu, à chacune de ses extrémités, d'au moins  
une électrode, ces électrodes étant radiales par rapport à  
la couronne correspondante et constituées de bandes  
30 métalliques minces (cliquant), dont les plans sont au  
moins sensiblement perpendiculaires audit axe commun et  
parallèles aux faces desdites couronnes. En fait, afin de

- 1 réduire au maximum l'inductance totale de chaque étage,  
chacune des extrémités d'un étage de condensateur est  
reliée à un éclateur par une pluralité d'électrodes  
radiales, réparties autour dudit axe commun. De plus,  
5 chaque étage de condensateur est, avec ses électrodes,  
enrobé dans une résine diélectrique.

Bien entendu, afin de réduire le volume du générateur,  
chaque étage est réalisé de façon aussi compacte que  
possible.

- 10 Du fait de cette compacité recherchée et de la pluralité  
des électrodes associées à chaque étage, il existe donc  
dans les dispositifs de stockage d'énergie de ce type de  
nombreux points proches les uns des autres et portés à des  
potentiels élevés et opposés. Les risques de claquage sont  
15 donc importants.

- Par ailleurs, du fait de leur structure, les électrodes ont  
une faible rigidité mécanique, de sorte qu'elles se  
déforment au moment du moulage de la résine diélectrique  
d'enrobage et qu'il est pratiquement impossible de  
20 respecter, en tout point d'une électrode, la distance de  
sécurité devant la séparation de points à potentiels élevés  
opposés. Les risques de claquage sont donc encore accrus..

La présente invention a pour objet de remédier à ces  
inconconvénients.

- 25 A cette fin, selon l'invention, le dispositif de stockage  
d'énergie électrique à très haute tension, notamment pour  
générateur de Marx, du type comportant une pluralité  
d'étages de condensateur dont chacun se présente sous la  
forme d'une couronne et est pourvu, du côté de chacune des  
30 faces d'extrémité du condensateur correspondant, d'au moins  
une électrode, lesdites couronnes étant coaxiales et  
réparties le long de leur axe commun, chaque électrode

1 ayant au moins une portion radiale par rapport à la  
couronne correspondante et étant constituée d'une bande  
métallique mince dont le plan est au moins sensiblement  
perpendiculaire audit axe commun et parallèle auxdites  
5 faces d'extrémité dudit condensateur, est remarquable en ce  
que, au moins en ce qui concerne certaines portions  
desdites électrodes qui se trouvent en regard d'une face  
d'extrémité du condensateur correspondant, les bords  
longitudinaux desdites électrodes sont arrondis, de façon à  
10 ne pas présenter d'arête d'extrémité longitudinale en  
regard de ladite face d'extrémité.

Ainsi, les risques de claquage entre lesdites électrodes et  
les points du condensateur à potentiels élevés opposés sont  
réduits. De plus, lesdits bords longitudinaux arrondis  
15 procurent auxdites électrodes une rigidification s'opposant  
à leur déformation, lors du moulage de l'enrobage.

Dans le cas où, de façon connue, dans le dispositif de  
stockage d'énergie électrique, la tension est appliquée et  
recueillie entre les périphéries externe et interne du  
20 condensateur de chaque étage, tandis que les bornes dudit  
étage de condensateur sont disposées centralement au  
voisinage dudit axe commun, de sorte que chaque étage de  
condensateur comporte au moins une électrode longue,  
extérieure audit condensateur, reliant ladite périphérie  
25 externe à une desdites bornes centrales, il est avantageux  
qu'au moins la partie de ladite électrode longue disposée  
au voisinage de la périphérie interne du condensateur soit  
pourvue de tels bords longitudinaux arrondis.

Cette dernière particularité est d'autant plus importante  
30 que le plus souvent, à des fins de compacité, lesdites  
bornes centrales sont disposées au moins approximativement  
dans le plan des faces d'extrémité dudit condensateur, de

1 sorte que ladite électrode longue comporte un coude au  
voisinage de ladite périphérie interne, pour la rapprocher  
dudit condensateur.

5 Dans les dispositifs de stockage du type décrit ci-dessus,  
il est prévu au moins une autre électrode, plus courte,  
reliant la périphérie interne dudit condensateur à l'autre  
desdites bornes. Notamment à des fins de rigidité, il est  
préférable que chacune desdites électrodes (aussi bien  
longue que courte) soit pourvue de tels bords longitudinaux  
10 arrondis sur la plus grande partie de sa longueur.

La présente invention concerne également une électrode pour  
un dispositif de stockage d'énergie électrique à très haute  
tension, du type comportant une pluralité d'étages de  
condensateur dont chacun se présente sous la forme d'une  
15 couronne, et est pourvu, du côté de chacune des faces  
d'extrémité du condensateur correspondant, d'au moins une  
électrode, lesdites couronnes étant coaxiales et réparties  
le long de leur axe commun, chaque électrode ayant au moins  
une portion radiale par rapport à la couronne correspon-  
20 dante et étant constituée d'une bande métallique mince dont le  
plan est de direction générale perpendiculaire audit axe  
commun et parallèle auxdites faces d'extrémité desdits  
condensateurs, et cette électrode est caractérisée en ce  
que, au moins en ce qui concerne certaines de ses portions  
25 qui se trouvent en regard d'une face d'extrémité du  
condensateur correspondant, les bords longitudinaux de  
ladite électrode sont arrondis, de façon à ne pas présenter  
d'arête d'extrémité longitudinale en regard de ladite face  
d'extrémité.

30 Dans le cas où ladite électrode est destinée à un  
dispositif de stockage d'énergie dans lequel la tension est  
appliquée et recueillie entre les périphéries externe et  
interne du condensateur de chaque étage, tandis que les

1 bornes dudit étage de condensateur sont disposées  
centralement au voisinage dudit axe commun, ladite  
électrode reliant ladite périphérie externe à l'une  
desdites bornes centrales, est remarquable en ce qu'au  
5 moins sa partie disposée au voisinage de la périphérie  
interne du condensateur est pourvue de tels bords  
longitudinaux arrondis.

De préférence, ladite électrode est pourvue de tels bords  
longitudinaux arrondis sur la plus grande partie de sa  
10 longueur.

Si, de plus, ladite électrode est prévue pour un dispositif  
de stockage d'énergie électrique à très haute tension, du  
type comportant une pluralité d'étages de condensateur dont  
chacun se présente sous la forme d'une couronne, et est  
15 pourvu, du côté de chacune des faces d'extrémité du conden-  
sateur correspondant, d'au moins une électrode, lesdites  
couronnes étant coaxiales et réparties le long de leur axe  
commun, chaque électrode ayant au moins une portion radiale  
par rapport à la couronne correspondante et étant consti-  
20 tuée d'une bande métallique mince dont le plan est de  
direction générale perpendiculaire audit axe commun et  
parallèle auxdites faces d'extrémité desdits condensateurs,  
la tension étant appliquée et recueillie entre les périphé-  
ries externe et interne du condensateur de chaque étage,  
25 tandis que les bornes dudit étage de condensateur sont  
disposées centralement au voisinage dudit axe commun,  
ladite électrode reliant la périphérie interne à l'une  
desdites bornes centrales, est remarquable en ce qu'elle  
est pourvue de tels bords longitudinaux arrondis sur la  
30 plus grande partie de sa longueur.

Lesdits bords longitudinaux arrondis peuvent être obtenus  
par recourbement des portions longitudinales de ladite  
électrode. Dans ce cas, il est préférable, afin d'éliminer  
tout risque de claquage entre l'électrode et le condensa-

- 1    teur, que ledit recourbement soit cylindrique et s'étende sur une amplitude angulaire d'au moins  $180^{\circ}$ , et de préférence de  $225^{\circ}$ .

- 5    Dans un mode particulier de réalisation, dans lequel l'électrode est réalisée dans une bande métallique de 0,4 à 0,5 mm d'épaisseur et destinée à être portée à un potentiel de l'ordre de 50 KV, le rayon de recourbement est avantageusement de l'ordre de 2,5 mm.

- 10    Dans une variante de réalisation, lesdits bords longitudinaux arrondis sont formés par des tiges rondes ou tubulaires rapportées latéralement à ladite électrode. Dans ce cas, ladite bande métallique mince peut être diamétrale par rapport auxdites tiges, ou bien excentrée par rapport au plan diamétral desdites tiges.

- 15    De plus, ladite électrode peut être constituée de deux bandes métalliques minces parallèles, solidarisées par l'intermédiaire desdites tiges.

- 20    De préférence, la ou les bandes métalliques minces et les tiges sont façonnées séparément à la forme désirée pour l'électrode, puis assemblées après mise en forme, par exemple par soudure.

- 25    Il est avantageux que ladite électrode comporte, à chacune de ces extrémités, un prolongement sans bords longitudinaux arrondis, en vue de sa connexion, d'une part, à l'une desdites bornes du condensateur et, d'autre part, à l'une des périphéries interne ou externe dudit condensateur.

Ainsi, la présente invention concerne de plus un générateur de Marx, comportant le dispositif de stockage d'énergie électrique et/ou les électrodes spécifiées ci-dessus.

- 1 Un tel générateur de Marx peut comporter un élément de répartition de champ électrique qui est disposé entre une électrode et ledit condensateur, en un point de forte concentration de champ électrique. Cet élément de
- 5 répartition de champ électrique peut être un anneau électriquement conducteur conformé pour suivre la forme générale de ladite électrode.

Les figures du dessin annexé feront bien comprendre comment l'invention peut être réalisée. Sur ces figures, des

10 références identiques désignent des éléments semblables.

La figure 1 montre, en coupe longitudinale schématique, un générateur de Marx.

La figure 2 est une coupe diamétrale, à plus grande échelle, illustrant partiellement la structure d'un étage

15 de condensateur et sa liaison aux étages voisins.

La figure 3 est une vue de face d'un condensateur d'un tel étage, montrant la répartition des électrodes longues.

La figure 4 illustre schématiquement les lignes de champ électrique au moment de la charge desdits étages.

- 20 Les figures 5a à 5g montrent, en section, plusieurs modes de réalisation des électrodes conformes à l'invention.

Les figures 6, 7 et 8 montrent, respectivement en vue de face, de dessus et en demi-coupe selon la ligne VIII-VIII de la figure 6, une électrode longue pour le générateur de

25 Marx des figures 1 à 3.

Les figures 9 et 10 montrent, respectivement en vue de dessus et de bout, une électrode courte pour le générateur de Marx des figures 1 à 3.

1 La figure 11 illustre un perfectionnement supplémentaire conforme à la présente invention.

Le générateur de Marx 1, montré schématiquement sur la figure 1, comporte une enveloppe étanche 2, délimitant une  
5 enceinte 3, à l'intérieur de laquelle règne une ambiance d'un gaz diélectrique, par exemple de l'hexafluorure de soufre SF<sub>6</sub>. Dans l'enceinte 3, sont agencés une pluralité d'étages de condensateur 4.1, 4.2, ..., 4.i, 4.j, ..., 4.n, qui, comme on peut mieux le voir sur les figures 2 et 3,  
10 présentent chacun la forme d'une couronne - ou tore-à section rectangulaire. Ces étages de condensateur sont tous montés coaxialement à un axe X-X et sont juxtaposés le long dudit axe. De façon connue et non représentée, lesdits étages de condensateurs sont électriquement connectés les  
15 uns aux autres, notamment par l'intermédiaire de résistances non représentées, pour pouvoir être chargés en parallèle, puis déchargés en série. De plus, des connexions électriques 5 relient lesdits étages de condensateur à des dispositifs électriques de commande, non représentés;  
20 extérieurs à l'enveloppe 2.

Par ailleurs, comme cela apparaîtra mieux de la suite de la description, les étages de condensateurs 4.1 à 4.n, sont mécaniquement solidaires les uns des autres et leur ensemble est mécaniquement porté par un support ou  
25 plusieurs supports 6, les liant à l'enveloppe 2. Par exemple, l'axe commun X-X est horizontal et le support 6 forme un socle, qui supporte lesdits étages de condensateurs et qui est lui-même supporté par ladite enveloppe 2.

Sur la figure 2, on a représenté, schématiquement en coupe  
30 axiale, l'un quelconque 4.i desdits étages de condensateurs, ainsi que, partiellement, les étages de condensateur 4.i-1 et 4.j, qui sont respectivement disposés de part et d'autre dudit étage 4.i.

1 Comme on peut le voir, chaque étage de condensateur comporte un condensateur 7 en forme de couronne, centré sur l'axe X-X et noyé dans un enrobage de résine diélectrique 8.

5 Les enrobages 8 présentent eux-mêmes la forme d'une couronne coaxiale à l'axe X-X et comportent des faces d'extrémité 11, par lesquelles ils peuvent s'appuyer les uns contre les autres.

10 Les étages de condensateur consécutifs sont mécaniquement liés les uns aux autres grâce à des tirants de solidarisation 9, prenant appui sur des bagues de centrage 10. Chaque bague de centrage 10 s'ajuste dans des évidements centraux en regard prévus dans les faces d'extrémité et d'appui 11 des enrobages consécutifs 8. Chaque tirant 9 est pourvu à 15 chacune de ses extrémités de filetages 12 et 13, qui, soit se vissent dans des taraudages 14 desdites bagues 10, soit traversent librement des alésages 15 de celles-ci. Sur les filetages 13 se vissent des écrous de pression 16. Chaque bague 10 comporte des taraudages 14 et des alésages 15.

20 Sur la figure 2, on n'a pas représenté les liaisons électriques entre les étages de condensateur consécutifs. En revanche, on a représenté les bornes 17 et 18 de chaque étage de condensateur et les électrodes 19 et 20 correspondantes. De façon connue, les électrodes 19 et 20 sont 25 constituées de bandes métalliques minces (par exemple quelques dixièmes de mm), généralement désignées sous le nom de clinquant.

30 Chaque borne 17 et 18 présente une forme annulaire et est disposée au voisinage de l'axe X-X, auquel elle est coaxiale. De plus, lesdites bornes 17 et 18 se trouvent chacune, respectivement et au moins approximativement, dans le plan des faces d'extrémité 21 ou 22 des condensateurs 7.

- 1 Ainsi, l'encombrement axial de chaque étage peut être minimum.

La borne annulaire 17 de chaque étage est reliée, par une pluralité d'électrodes 19 radiales (voir la figure 3 sur  
5 laquelle on a supposé que l'enrobage 8 était éliminé), à la périphérie externe 23 du condensateur 7 correspondant. Les électrodes 19 sont donc longues. Elles comportent une partie plane allongée 19a, parallèle à la face d'extrémité 21 correspondante du condensateur 7 associé et écartée de  
10 celle-ci d'une distance  $d$ . Toutefois, pour rejoindre la borne annulaire 17, elle doit comporter de plus une partie centrale inclinée 19b, reliée à la partie plane 19a par un coude 19c, se trouvant au voisinage de la périphérie interne 24 dudit condensateur 7.

- 15 Par ailleurs, la borne annulaire 18 de chaque étage de condensateur est reliée, par une pluralité d'électrodes radiales 20 (dont la disposition en étoile n'est pas représentée mais est avantageusement semblable à celle des électrodes 19, telle que montrée sur la figure 3), à la  
20 périphérie interne 24 du condensateur 7 correspondant. Les électrodes 20 sont donc plus courtes que les électrodes 19. De plus, puisqu'elles sont logées à l'intérieur de ladite périphérie interne 24, elles peuvent être rectilignes sur toute leur longueur.

- 25 Le plan des portions 19a des électrodes 19 et le plan des électrodes 20 sont orthogonaux à l'axe X-X. A titre d'exemple, ces électrodes peuvent être réalisés dans des bandes métalliques de 4 à 5 dixièmes de mm d'épaisseur et de 50 mm de largeur. La longueur des portions 19a des  
30 électrodes 19 peut être de l'ordre de 150 mm.

Les bornes 17 et 18 sont respectivement solidaires d'éclateurs 25 ou 26, logés dans l'évidement central 27 des étages de condensateur et disposés de façon que l'éclateur 25 d'un étage puisse coopérer avec l'éclateur 26 de l'étage  
35 suivant.

- 1 Des gorges 28 peuvent être pratiquées dans la paroi dudit  
évidement central 27 afin d'éliminer la conduction  
électrique par effet de peau.

De la description qui précède, il résulte clairement que,  
5 pour chaque condensateur 7, la tension est appliquée et  
recueillie entre les périphéries externe 23 et interne 24  
dudit condensateur et qu'afin d'occuper l'encombrement  
axial le plus faible possible, il est nécessaire que la  
distance  $d$  soit juste suffisante pour éviter les claquages  
10 entre les électrodes 19 et les condensateurs 7 et que les  
bornes 17 soient rapprochées du centre desdits condensa-  
teurs 7, afin de permettre de disposer les éclateurs 25  
d'un étage en regard des éclateurs 26 d'un étage voisin. Il  
en résulte que, entre le coude 19c d'une électrode 19 et la  
15 périphérie interne 24 le champ électrique est très élevé,  
puisque cette électrode 19 et cette périphérie interne 24  
sont portées à des potentiels élevés et opposés. A titre  
d'exemple, la différence de potentiel entre l'électrode 19  
et la périphérie interne 24 (c'est-à-dire la différence de  
20 potentiel entre les électrodes 19 et 20), peut être de  
l'ordre de 100 kV pendant la charge des condensateurs.  
Aussi, il existe des risques de claquage au niveau desdits  
coudes 19c. Sur la figure 4, on a représenté schématique-  
ment les lignes de champ électrique pendant la charge des  
25 condensateurs 7. On voit qu'une forte densité de lignes de  
champ existe entre les coudes 19c et les condensateurs 7  
pendant la charge de ceux-ci.

Les risques de claquage au niveau desdits coudes sont  
encore accrus du fait que, afin de diminuer l'inductance  
30 desdits étages de condensateurs on prévoit un grand nombre  
d'électrodes 19 par étage (huit dans l'exemple représenté)  
et du fait que, de par leur structure à faible épaisseur, à  
grande largeur et à grande longueur, les électrodes 19 ne  
présentent pas une résistance mécanique suffisante pour ne  
35 pas se déformer au moment du moulage des enrobages 8. A

1 cause de cette faible résistance mécanique des électrodes  
19, la distance  $d$  risque donc d'être inférieure en réalité  
à la valeur calculée pour éviter les claquages.

Pour remédier à ces inconvénients, selon l'invention, les  
5 bords longitudinaux des électrodes 19 et 20 sont arrondis  
en regard du condensateur 7 correspondant. On augmente  
ainsi la résistance au claquage entre les électrodes et les  
condensateurs, puisque lesdits bords longitudinaux ne  
présentent aucune arête vive en regard desdits condensa-  
10 teurs.

Les figures 5a à 5g montrent plusieurs exemples de sections  
conformes à l'invention pour les électrodes 19 et 20. Sur  
chacune des figures, le condensateur 7 (non représenté)  
serait disposé sous l'électrode 19 ou 20 correspondante.

15 Sur la figure 5a, les bords longitudinaux des électrodes 19  
et 20 sont simplement recourbés du côté opposé au conden-  
sateur 7 correspondant, pour former des boudins cylindri-  
ques 29 et 30. Dans ce cas, il est avantageux que l'angle  
de recourbement A soit au moins égal à  $180^\circ$ , et de  
20 préférence de l'ordre de  $225^\circ$ , afin que les arêtes  
d'extrémités 31 ou 32 desdits boudins soient parfaitement  
isolées du condensateur 7 par l'électrode 19 ou 20,  
respectivement. A titre d'exemple, pour une épaisseur de  
0,4 mm du clinquant constituant lesdites électrodes, il est  
25 avantageux que le rayon  $r$  desdits boudins cylindriques soit  
de l'ordre de 2,5 mm. Sur les figures 5b et 5c, chaque  
électrode 19 et 20 est constituée de deux bandes de  
clinquant parallèle, solidaires le long de leurs bords  
longitudinaux, par exemple par soudure, de tiges rondes 33  
30 et 34 (figure 5b) ou de tubes 35 et 36 (figure 5c).

Sur les figures 5d et 5e, chaque électrode 19 et 20 est  
constituée d'une seule bande de clinquant, solidaire le  
long de ses bords longitudinaux, par exemple par soudure,

- 1 de tiges rondes 37 et 38 (figure 5d) ou de tubes 39 et 40  
(figure 5e), lesdites bandes de clinquant étant déportées  
par rapport aux centres desdites tiges et tubes. Les  
figures 5f et 5g montrent deux variantes de réalisation,  
5 correspondant respectivement à celles des figures 5d et 5e,  
les bandes de cliquant étant alors disposées diamétralement  
par rapport auxdits tiges et tubes.

Les figures 6 à 10 illustrent la réalisation des électrodes  
19 et 20 montrées par les figures 2 et 3 en conformité avec  
10 le mode de réalisation de la figure 5e.

- Chaque électrode 19 (voir les figures 6 à 8) est bordée, du  
côté opposé au condensateur 7 correspondant, de deux tubes  
latéraux 39 et 40, soudés à ladite électrode. En plus des  
portions 19a, 19b et 19c décrites précédemment, une  
15 électrode 19 comporte une portion de retour 19d, qui est  
sensiblement parallèle à l'axe X-X, pour sa liaison à la  
périphérie externe 23 du condensateur 7.

- A cet effet, la bande de clinquant constituant l'électrode  
19 comporte un prolongement 41 pour la fixation à ladite  
20 périphérie, par exemple par soudure.

- De même, la bande de clinquant de la partie coudée 19b  
d'une électrode 19 comporte un prolongement 42, pour la  
fixation à une borne 17. Cette dernière peut à cet effet  
être constituée d'un anneau 17a et de secteurs 17b pressant  
25 entre eux lesdits prolongements 42, qui sont pourvus de  
trous 43 pour le passage de vis à écrous 44, destinées à  
presser lesdits prolongements entre ledit anneau 17a et un  
desdits secteurs 17b. Les éclateurs 25 sont alors portés  
par un anneau 17c, intérieur aux secteurs 17b et en liaison  
30 mécanique et électrique avec le reste (17a, 17b) des bornes  
17 respectives. Les tubes 39 et 40 et la bande de clinquant

1     constituant chaque électrode 19 sont formés séparément à la  
forme de celle-ci, puis assemblés par soudure.

De même, chaque électrode 20 (voir les figures 9 et 10) est  
bordée de tubes latéraux 39 et 40 soudés. Le clinquant  
5     d'une électrode 20 comporte des prolongements 45 et 46,  
respectivement pour la fixation et la connexion électrique  
à la périphérie interne 24 du condensateur 7 correspondant  
et à une borne 18. Les prolongements 46 sont percés de  
trous 47 et les bornes 18 comportent une structure  
10    (semblable à celle des bornes 17) composée d'un anneau 18a  
et de secteurs de pression 18b. Ainsi, lesdits prolonge-  
ments 46 peuvent-ils être pressés entre un anneau 18a et un  
secteur 18b, par l'intermédiaire de vis à écrou, non repré-  
sentées. Les éclateurs 26 sont solidaires d'un anneau 18c,  
15    intérieur aux secteurs 18b et en liaison mécanique et  
électrique avec les autres constituants (18a, 18b) des  
bornes 18 respectives. Là encore, les tubes 39 et 40 et la  
bande de clinquant constituant chaque électrode 20 sont  
formés séparément, puis assemblés par soudure.

20    Pour diminuer encore les risques de claquage entre une  
électrode 19 et la périphérie interne 24 du condensateur 7  
correspondant, on peut disposer entre ladite électrode et  
ladite périphérie interne, un dispositif 48 de répartition  
de champ électrique (voir la figure schématique 11). Un tel  
25    dispositif peut être constitué par un anneau conducteur,  
courbé pour suivre au moins approximativement la forme  
courbée de ladite électrode 19.

REVENDECATIONS

1 1 - Dispositif de stockage d'énergie électrique à très  
haute tension, du type comportant une pluralité d'étages de  
condensateur (4.1 à 4.n) dont chacun se présente sous la  
forme d'une couronne et est pourvu, du côté de chacune des  
5 faces d'extrémité (21,22) du condensateur (7) correspon-  
dant, d'au moins une électrode (19,20), lesdites couronnes  
étant coaxiales et réparties le long de leur axe commun  
(X-X), chaque électrode (19,20) ayant au moins une portion  
10 radiale par rapport à la couronne correspondante et étant  
constituée d'une bande métallique mince dont le plan est de  
direction générale perpendiculaire audit axe commun (X-X)  
et parallèle auxdites faces d'extrémité (21,22) desdites  
couronnes,  
caractérisé en ce que, au moins en ce qui concerne  
15 certaines portions desdites électrodes qui se trouvent en  
regard d'une face d'extrémité (21,22) du condensateur  
correspondant, les bords longitudinaux desdites électrodes  
sont arrondis, de façon à ne pas présenter d'arête  
d'extrémité longitudinale en regard de ladite face  
20 d'extrémité (21,22).

2 - Dispositif de stockage d'énergie électrique selon la  
revendication 1, dans lequel la tension est appliquée et  
recueillie entre les périphéries externe (23) et interne  
(24) du condensateur (7) de chaque étage, tandis que les  
25 bornes (17,18) dudit étage de condensateur sont disposées  
centralement au voisinage dudit axe commun (X-X), de sorte  
que chaque étage de condensateur comporte au moins une  
électrode longue (19), extérieure audit condensateur (7),  
reliant ladite périphérie externe (23) à une desdites  
30 bornes centrales (17),  
caractérisé en ce qu'au moins la partie de ladite électrode  
(19) disposée au voisinage de la périphérie interne (24) du

1 condensateur (7) est pourvue de tels bords longitudinaux  
arrondis.

3 - Dispositif de stockage d'énergie électrique selon l'une  
des revendications 1 ou 2,

5 caractérisé en ce que chacune desdites électrodes (19,20)  
est pourvue de tels bords longitudinaux arrondis sur la  
plus grande partie de sa longueur.

4 - Electrode (19) pour un dispositif de stockage d'énergie  
électrique à très haute tension, du type comportant une  
10 pluralité d'étages de condensateurs (4.1 à 4.n) dont chacun  
se présente sous la forme d'une couronne, et est pourvu,  
d'un côté de chacune de ses faces d'extrémité (21,22), d'au  
moins une électrode, lesdites couronnes étant coaxiales et  
réparties le long de leur axe commun (X-X), chaque  
15 électrode ayant au moins une portion radiale par rapport à  
la couronne correspondante et étant constituée d'une bande  
métallique mince dont le plan est de direction générale  
perpendiculaire audit axe commun (X-X) et parallèle  
auxdites faces d'extrémité (21,22) desdits condensateurs,  
20 caractérisée en ce que, au moins en ce qui concerne  
certaines de ses portions qui se trouvent en regard d'une  
face d'extrémité du condensateur correspondant, les bords  
longitudinaux de ladite électrode sont arrondis, de façon à  
ne pas présenter d'arête d'extrémité longitudinale en  
25 regard de ladite face d'extrémité.

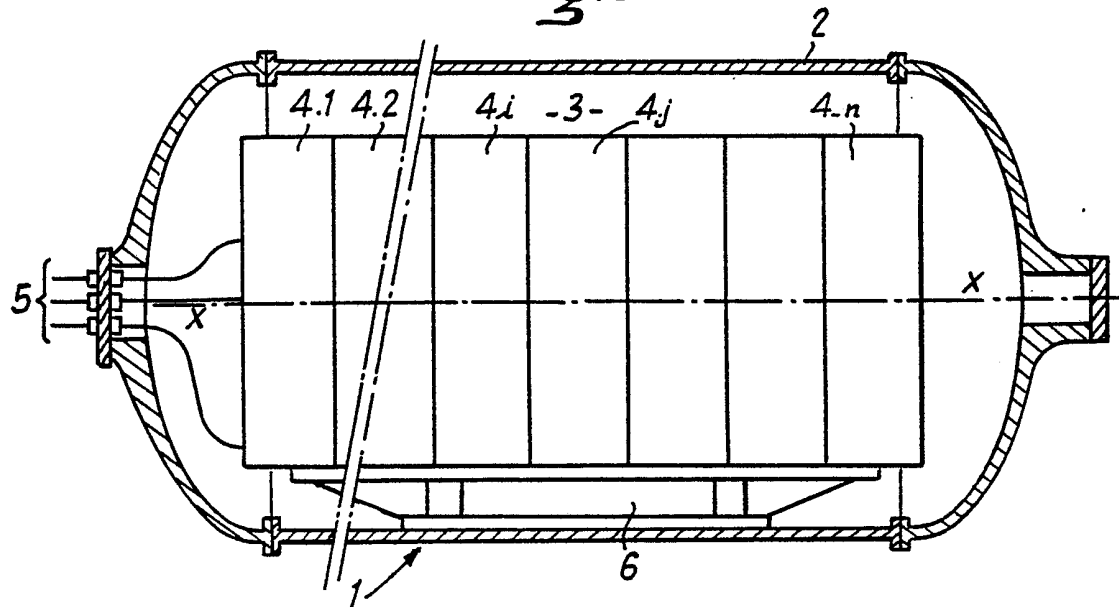
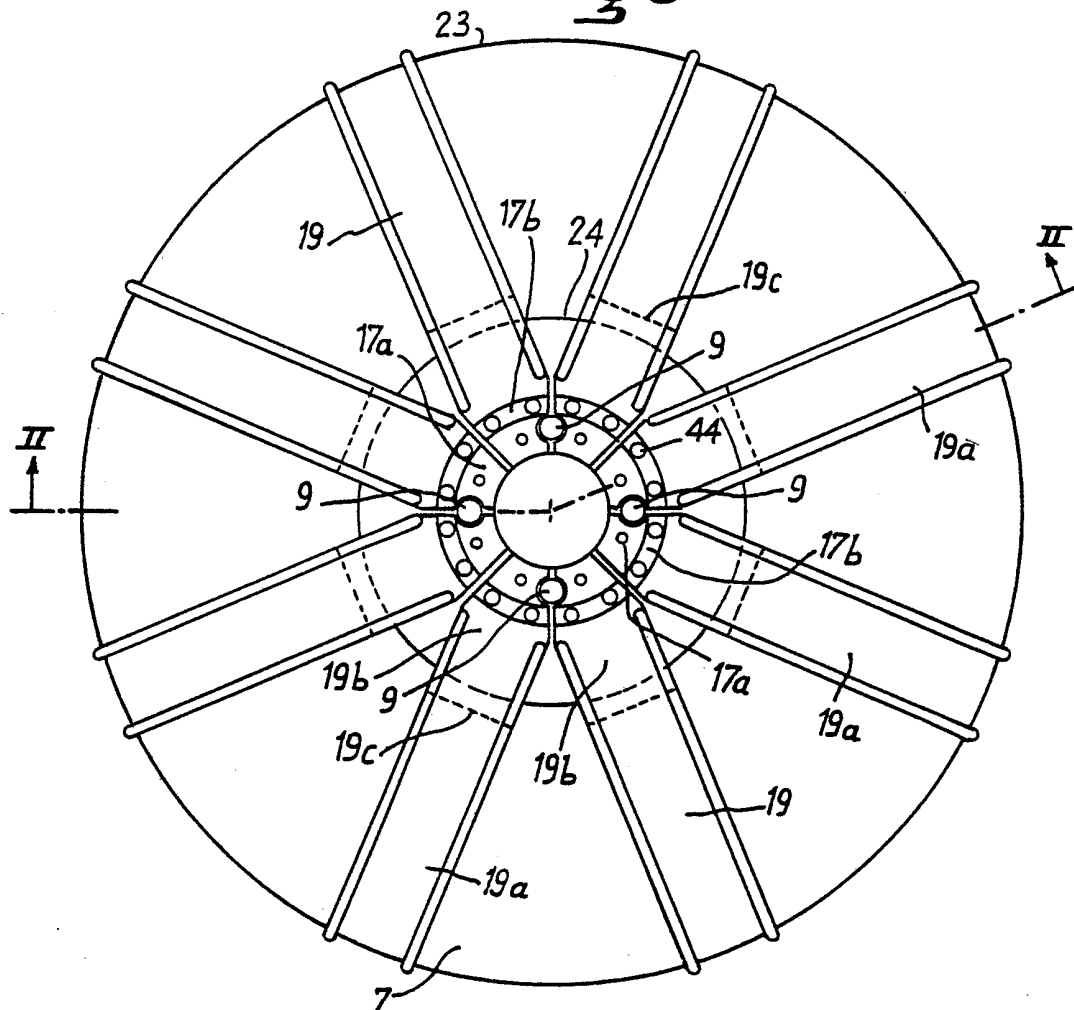
5 - Electrode selon la revendication 4, pour un dispositif  
de stockage d'énergie dans lequel la tension est appliquée  
et recueillie entre les périphéries externe (23) et interne  
(24) du condensateur (7) de chaque étage, tandis que les  
30 bornes dudit étage de condensateur sont disposées  
centralement au voisinage dudit axe commun, ladite  
électrode reliant ladite périphérie externe (23) à l'une  
desdites bornes centrales (17),  
caractérisée en ce qu'au moins la partie de ladite

- 1 électrode (19) disposée au voisinage de la périphérie interne (24) du condensateur (7) est pourvue de tels bords longitudinaux arrondis.
- 6 - Electrode selon la revendication 5,  
5 caractérisée en ce qu'elle est pourvue de tels bords longitudinaux arrondis sur la plus grande partie de sa longueur.
- 7 - Electrode (29) pour un dispositif de stockage d'énergie électrique à très haute tension, du type comportant une  
10 pluralité d'étages de condensateurs (4.1 à 4.n) dont chacun se présente sous la forme d'une couronne, et est pourvu, du côté de chacune des faces d'extrémité (21,22) du condensateur correspondant, d'au moins une électrode, lesdites couronnes étant coaxiales et réparties le long de leur axe  
15 commun (X-X), chaque électrode ayant au moins une portion radiale par rapport à la couronne correspondante et étant constituée d'une bande métallique mince dont le plan est de direction générale perpendiculaire audit axe commun (X-X) et parallèle auxdites faces d'extrémité (21,22) desdits  
20 condensateurs, la tension étant appliquée et recueillie entre les périphéries externe (23) et interne (24) du condensateur (7) de chaque étage, tandis que les bornes dudit étage de condensateur sont disposées centralement au voisinage dudit axe commun, ladite électrode reliant la  
25 périphérie interne (24) à l'une desdites bornes centrales (18),  
caractérisée en ce que ladite électrode (20) est pourvue de tels bords longitudinaux arrondis sur la plus grande partie de sa longueur.
- 30 8 - Electrode selon l'une des revendications 4 à 7, caractérisée en ce que lesdits bords longitudinaux arrondis sont obtenus par recourbement des portions longitudinales de ladite électrode.

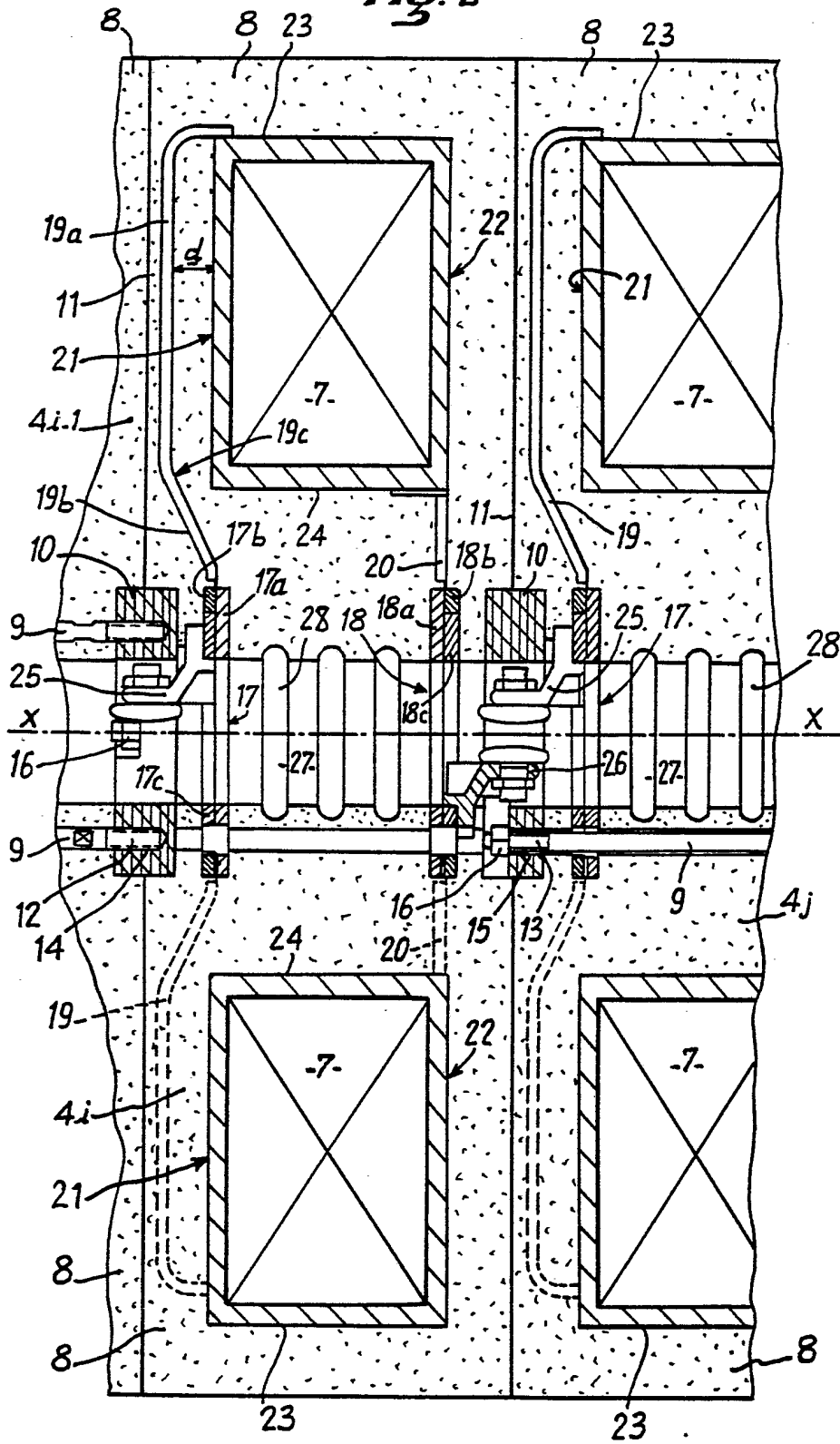
- 1 9 - Electrode selon la revendication 8,  
caractérisée en ce que ledit recourbement est cylindrique  
et s'étend sur une amplitude angulaire d'au moins 180°, et  
de préférence de 225°.
- 5 10 - Electrode selon la revendication 9, réalisée dans une  
bande métallique de 0,4 à 0,5 mm d'épaisseur et destinée à  
être portée à un potentiel de l'ordre de 50 kV,  
caractérisée en ce que le rayon de recourbement est de  
l'ordre de 2,5 mm.
- 10 11 - Electrode selon l'une des revendications 4 à 7,  
caractérisée en ce que lesdits bords longitudinaux arrondis  
sont formés par des tiges rondes ou tubulaires.
- 15 12 - Electrode selon la revendication 11,  
caractérisée en ce que ladite bande métallique mince est  
diamétrale par rapport auxdites tiges.
- 13 - Electrode selon la revendication 11,  
caractérisée en ce que ladite bande métallique mince est  
excentrée par rapport au plan diamétral desdites tiges.
- 20 14 - Electrode selon l'une des revendications 11 à 13,  
caractérisée en ce qu'elle est constituée de deux bandes  
métalliques minces parallèles, solidarisiées par l'intermé-  
diaire desdites tiges.
- 25 15 - Electrode selon l'une quelconque des revendications 11  
à 14,  
caractérisée en ce que la ou les bandes métalliques minces  
et les tiges sont façonnées séparément à la forme désirée  
pour l'électrode, puis assemblées après mise en forme.
- 30 16 - Electrode selon l'une quelconque des revendications 6  
ou 7,  
caractérisée en ce qu'elle comporte, à chacune de ces

- 1 extrémités, un prolongement sans bords longitudinaux arrondis, en vue de sa connexion, d'une part, à l'une desdites bornes et, d'autre part, à l'une des périphéries interne ou externe dudit condensateur.
- 5 17 - Générateur de Marx, caractérisé en ce qu'il comporte le dispositif de stockage d'énergie électrique spécifié sous l'une quelconque des revendications 1 à 3.
- 10 18 - Générateur de Marx, caractérisé en ce qu'il comporte les électrodes spécifiées sous l'une quelconque des revendications 4 à 16.
- 15 19 - Générateur de Marx selon l'une des revendications 17 ou 18, caractérisé en ce qu'un élément de répartition de champ électrique est disposé entre une électrode (19) et le condensateur (7), en un point de forte concentration de champ électrique.
- 20 20 - Générateur de Marx selon la revendication 19, caractérisé en ce que ledit élément de répartition de champ électrique est un anneau électriquement conducteur conformé pour suivre la forme générale de ladite électrode.

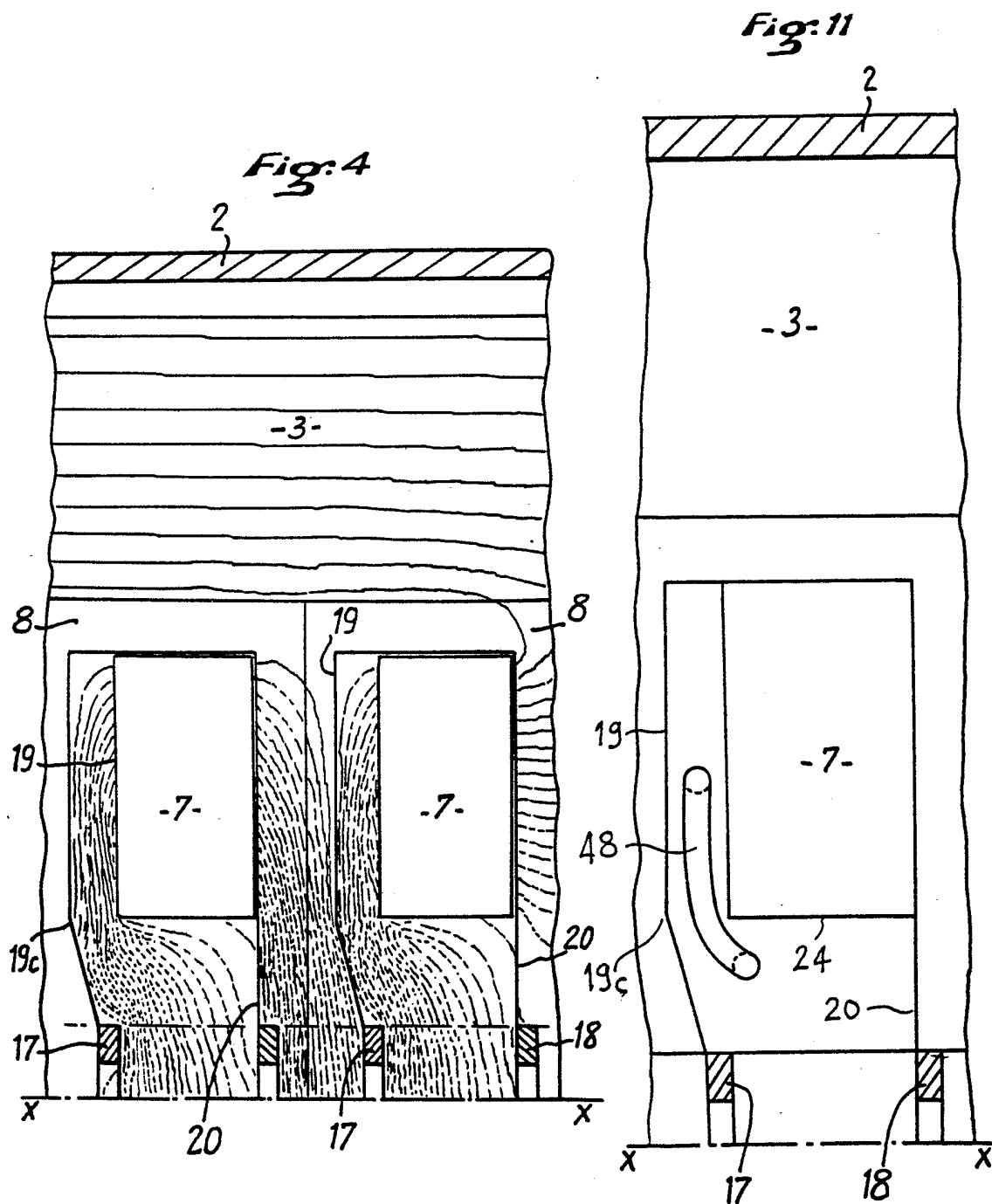
1/5

**Fig:1****Fig:3**

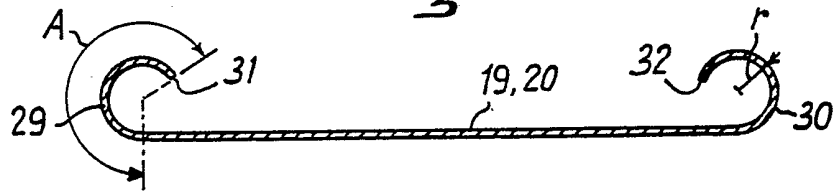
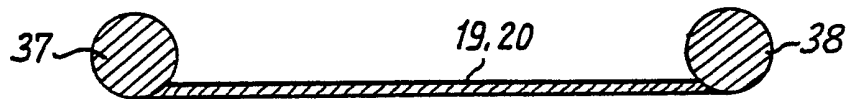
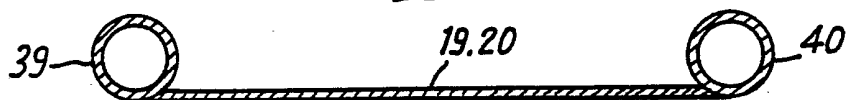
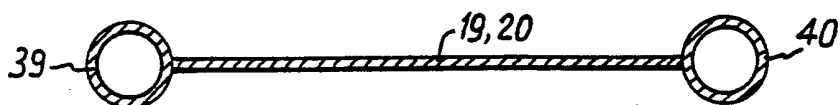
**Fig. 2**



3/5



4/5

*Fig. 5a**Fig. 5b**Fig. 5c**Fig. 5d**Fig. 5e**Fig. 5f**Fig. 5g*

5/5

