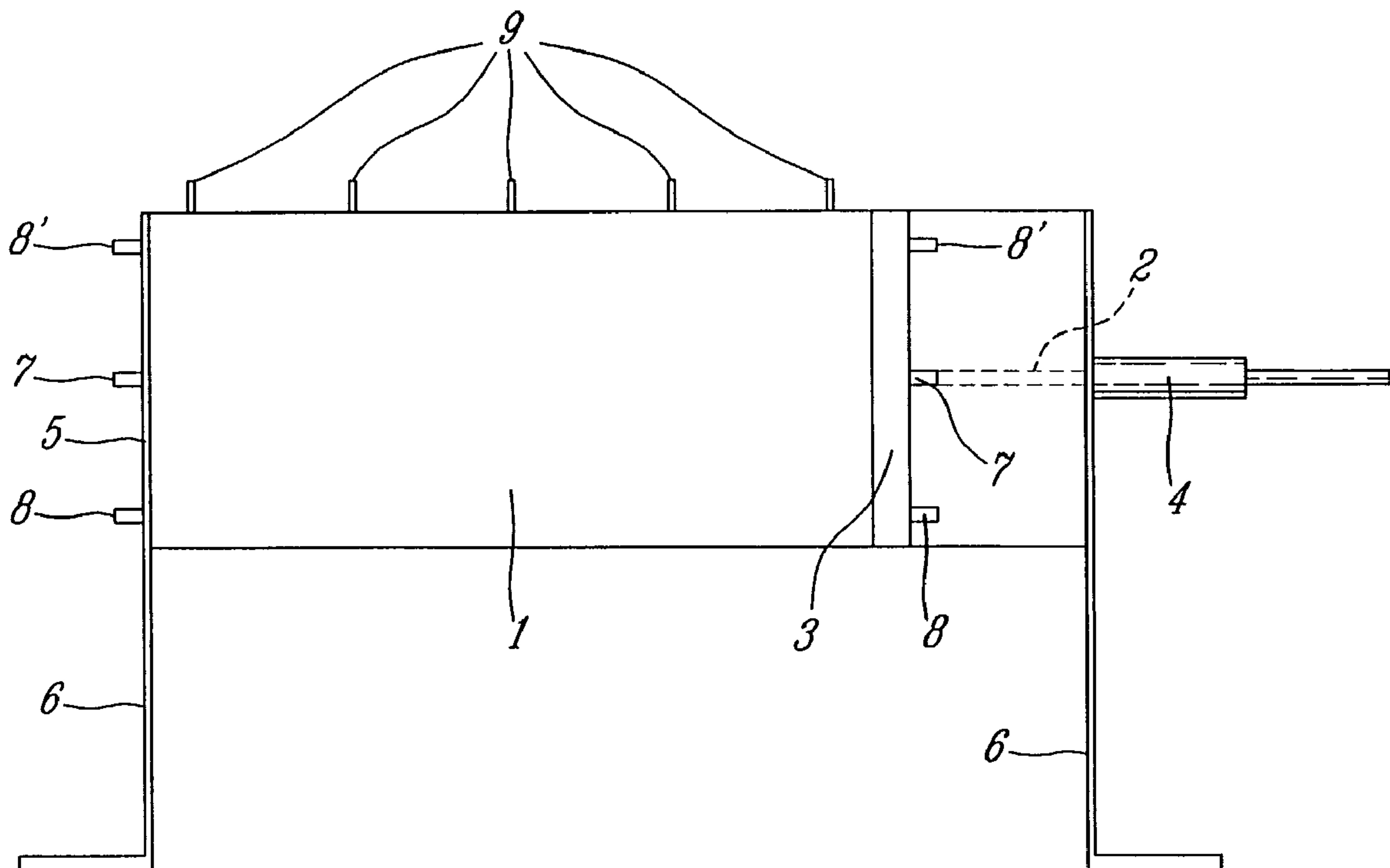




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2003/02/11
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2003/08/21
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2006/04/18
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2004/07/27
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: CA 2003/000201
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2003/068691
(30) Priorités/Priorities: 2002/02/12 (2,371,396) CA;
2002/09/04 (2,404,486) CA

(51) Cl.Int./Int.Cl. *C02F 1/469* (2006.01),
C02F 11/12 (2006.01), *C02F 1/461* (2006.01),
C02F 1/36 (2006.01)
(72) Inventeurs/Inventors:
BERRAK, ABDERRAZAK, CA;
DERMOUNE, ABDERRAHMANE, CA
(73) Propriétaire/Owner:
LES TECHNOLOGIES ELCOTECH INC., CA
(74) Agent: BERESKIN & PARR

(54) Titre : PROCÉDE DE TRAITEMENT DES BOUES PAR ACTION COMBINÉE DE LA PRESSION ET DE L'ELECTRO-OSMOSE
(54) Title: METHOD FOR THE TREATMENT OF SLURRIES BY THE COMBINED ACTION OF PRESSURE AND ELECTRO-OSMOSIS



(57) Abrégé/Abstract:

Procédé de traitement de boues par action combinée de l'électro-osmose et de la pression et/ou d'un système vibratoire, ledit procédé mettant en oeuvre le drainage d'au moins deux effluents de type différent, le premier effluent généré au niveau de la cathode est d'un pH basique et le deuxième effluent généré au niveau de l'anode est d'un pH acide.



(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
21 août 2003 (21.08.2003)

PCT

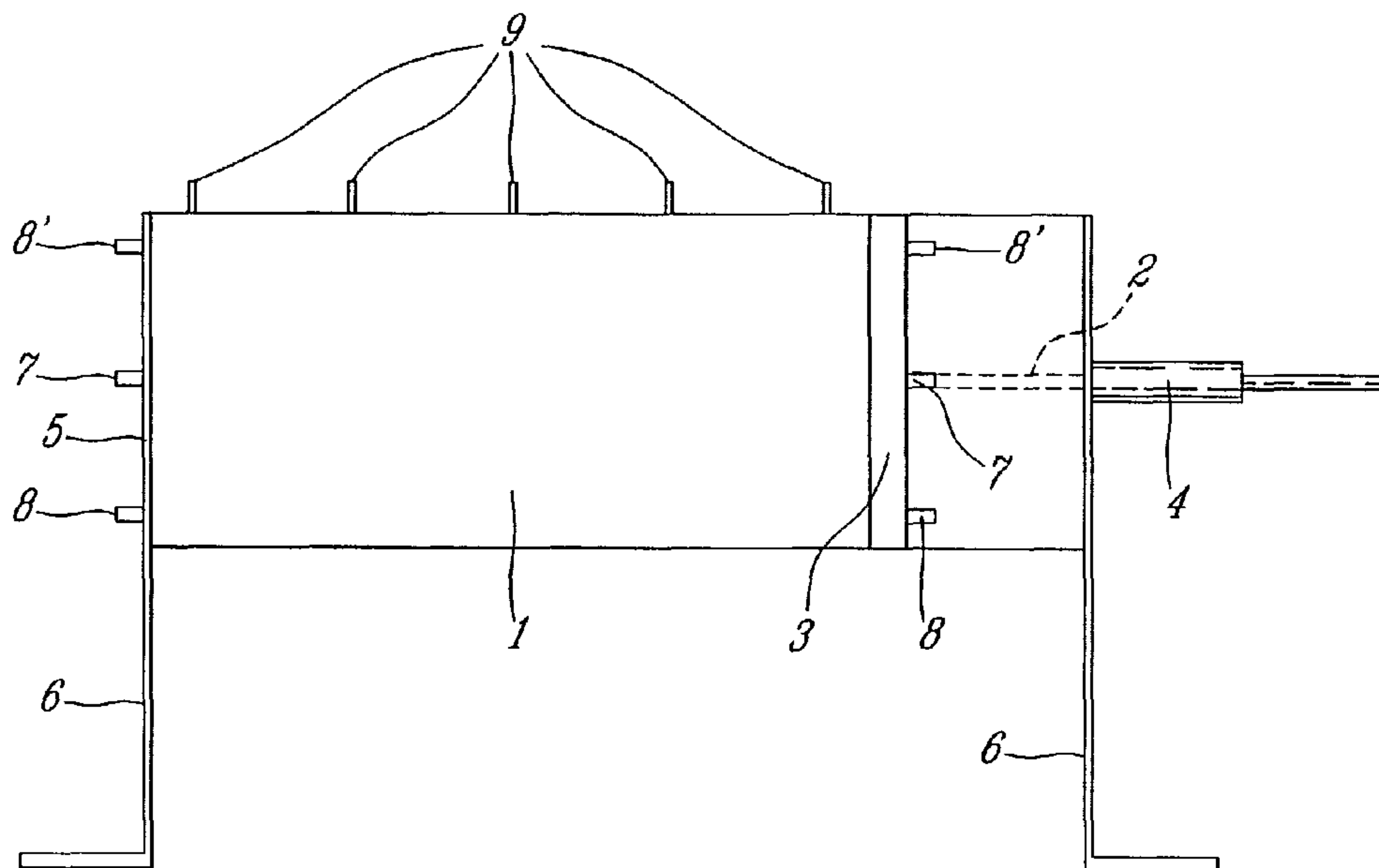
(10) Numéro de publication internationale
WO 03/068691 A1(51) Classification internationale des brevets⁷ :
C02F 1/469, 11/12(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **LES
TECHNOLOGIES ELCOTECH INC.** [CA/CA]; 2605,
rue Bonin, Sherbrooke, Québec J1K 1C5 (CA).(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/CA03/00201(72) Inventeurs; et
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **BERRAK,
Abderrazak** [CA/CA]; 939, rue Thibault, apt.405, Sher-
brooke, Québec J1H 3B3 (CA). **DERMOUNE, Abder-
rahmane** [CA/CA]; 1835, Belvédère Sud, Apt. 308, Sher-
brooke, Québec J1H 5S1 (CA).(22) Date de dépôt international :
11 février 2003 (11.02.2003)

(25) Langue de dépôt : français

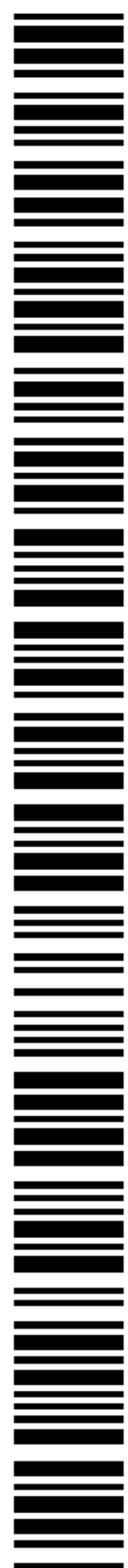
(26) Langue de publication : français

(74) Mandataire : **OGILVY RENAULT**; Suite 1600, 1981
McGill College Avenue, Montréal, Québec H3A 2Y3
(CA).(30) Données relatives à la priorité :
2,371,396 12 février 2002 (12.02.2002) CA
2,404,486 4 septembre 2002 (04.09.2002) CA(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR THE TREATMENT OF SLURRIES BY THE COMBINED ACTION OF PRESSURE AND ELEC-
TRO-OSMOSIS(54) Titre : PROCÉDÉ DE TRAITEMENT DES BOUES PAR ACTION COMBINÉE DE LA PRESSION ET DE L'ÉLECTRO-
OSMOSE

(57) Abstract: Disclosed is a method for treating slurries by the combined action of electro-osmosis and pressure and/or a vibrating system. According to the inventive method, at least two different effluents are drained, the first effluent which is generated at the level of the cathode having an alkaline pH while the second effluent which is generated at the level of the anode having an acidic pH.

(57) Abrégé : Procédé de traitement de boues par action combinée de l'électro-osmose et de la pression et/ou d'un système vibra-
toire, ledit procédé mettant en oeuvre le drainage d'au moins deux effluents de type différent, le premier effluent généré au niveau
de la cathode est d'un pH basique et le deuxième effluent généré au niveau de l'anode est d'un pH acide.

WO 03/068691 A1



DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

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

PROCÉDÉ DE TRAITEMENT DES BOUES PAR ACTION COMBINÉE DE LA PRESSION ET DE L'ÉLECTRO-OSMOSE

5

DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention a pour objet un procédé de traitement et plus particulièrement de déshydratation, de compression et/ou de dépollution des boues par l'action
10 combinée de l'électro-osmose et/ou d'un système vibratoire et/ou de la pression. La présente invention est aussi relative aux dispositifs originaux utilisables pour la mise en œuvre du procédé en continu ou en discontinu.

Ce procédé présente notamment l'avantage de permettre le traitement de boues de
15 compositions très variables et ce, avec un seul dispositif.

ART ANTÉRIEUR

Généralités

20

Le traitement des sols argileux a toujours posé un problème à l'ingénieur civil par sa faible perméabilité hydraulique. Les techniques de la consolidation par chargement et les drains verticaux demandent beaucoup de temps d'immobilisation du terrain en question et les améliorations des résistances mécaniques des sols sont seulement de
25 l'ordre de 50%.

Le phénomène d'électro-osmose, i.e. le transport de l'eau des pores dans les capillaires sous l'influence d'un potentiel électrique, a été observé pour la première fois il y a près de 200 ans. Le phénomène d'électro-osmose est basé sur le fait qu'un potentiel
30 électrique à courant continu cause un mouvement des cations (ions positifs), du pôle positif (anode) au pôle négatif (cathode) et il entraîne par action visqueuse les

molécules d'eau. L'application d'un potentiel électrique au moyen d'électrodes implantées dans un dépôt de sol à grains fins (limoneux ou argileux) permet le drainage du sol et sa consolidation sans surcharge.

5

Bien que connue depuis longtemps, la consolidation électro-osmotique de l'argile n'a été, jusqu'à maintenant, que très peu appliquée. La principale difficulté dans l'application de ce procédé est reliée aux pertes de potentiel aux anodes. Ces pertes ont été attribuées à la diminution de la teneur en eau, au voisinage de l'anode, à la
10 réduction de la conductivité de l'eau des pores et à la présence des gaz générés par les réactions d'électrolyse et enfin de la dissolution du matériel de l'anode. Ces pertes peuvent aussi être dues au mauvais contact physique de l'anode avec le matériau. Le gradient de voltage effectif appliqué au sol peut être une faible fraction de celui appliqué aux électrodes.

15

Casagrande, L. ("Review of stabilisation of soils by means of electro-osmosis- State of the art, Presented to the Geotechnical Section of the BSCES/ASCE", 1983, vol. 69, no 2, p. 255-302) a appliqué cette technologie sur des terrains, en faisant passer un courant électrique à travers le sol (matériaux poreux, silts et argiles), l'eau circule
20 entre deux électrodes du pôle (+) vers le pôle (-). Cette technique a pris le nom d'électro-osmose. L'électro-osmose a été utilisée dans plusieurs applications dans le domaine du génie civil. Elle a été utilisée pour: (a) l'augmentation de la capacité portante des pieux; (b) la réduction du frottement négatif dans les pieux; (c) la stabilisation des talus; et (d) la consolidation des sols.

25

Durant les applications de l'électro-osmose dans la stabilisation des talus et la consolidation des sols, les chercheurs lorsqu'ils ont cherché à modifier le comportement de l'eau, ont constaté des grandes pertes de potentiels au voisinage des anodes (Bjerrum et coll. "Application of electro-osmosis to foundation problem in
30 quick clay", Geotechnique, 1967, vol. 17, no3, p. 214-235; Hansbo, S. "Findings from dewatering tests with electro-osmosis in some Swedish clays", Statens institut för

byggnadsforskning, Stockholm, 1970, Rapport R19: 72 p., ill.15 Sw. Kr; and Lo et coll. "Field test of electroosmotic strengthening of soft sensitive clays", Canadian Geotechnical Journal, 1991, vol. 28. p. 74-83) des augmentations de résistance et des réductions des teneurs en eau qui ne sont pas uniformes. Les taux de drainage
5 diminuent pendant le traitement.

Le document Electroosmotically Enhanced Sludge Pressure Filtration publié en pages 267 à 276, volume 71, numéro 3 Water Environment Research décrit un dispositif mettant en œuvre une électro-osmose avec une électrode mobile dans le but
10 d'améliorer la filtrabilité des boues.

Pertes des voltages aux électrodes

Dans la littérature, on mentionne que le problème de la consolidation électro-
15 osmotique est lié aux pertes de voltages aux anodes (Bjerrum et coll. "Application of electro-osmosis to foundation problem in quick clay", Geotechnique, 1967, vol. 17, no3, p. 214-235; Hansbo, S. "Findings from dewatering tests with electro-osmosis in some Swedish clays", Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm, 1970, Rapport R19: 72 p., ill.15 Sw. Kr; and Lo et coll. "Field test of electroosmotic
20 strengthening of soft sensitive clays", Canadian Geotechnical Journal, 1991, vol. 28. p. 74-83).

La perte de potentiel à l'anode a été attribuée à l'augmentation de la résistance électrique après réduction de la teneur en eau (Casagrande, L. "Review of
25 stabilisation of soils by means of electro-osmosis, State of the art, Presented to the Geotechnical Section of the BSCES/ASCE", 1983, vol. 69, no 2, p. 255-302).

3a

Il semble que la perte de voltage aux anodes n'est pas due uniquement à la réduction de la teneur en eau, mais elle est la combinaison des trois paramètres suivants:

- le contact physique sol-électrode;
- 5 - la présence du gaz produit par la réaction d'électrolyse; et
- l'augmentation de la résistance électrique par les réductions de la teneur en eau et de la conductivité de l'eau des pores.

10 L'application d'un champ électrique peut produire une variété de réactions chimiques aux électrodes, la charge étant transférée à travers le milieu poreux. L'existence d'un courant dans le milieu nécessite implicitement les réactions de Faraday aux limites des électrodes. La formation de gradients chimiques dépend de l'ampleur de l'électrolyse et les réactions chimiques couplées entre le milieu à traiter et l'électrolyte produit.

15

Ces effets incluent l'électrolyse de l'eau avec le développement simultané des gradients de pH et le transfert électrolytique de la dissolution de l'anode (oxydable) produisant des ions métalliques ou les cations de l'électrolyte de l'anode vers la cathode.

20

Les réactions chimiques peuvent, lors de l'échange d'ions ou lors de la précipitation former de nouvelles phases minérales dans la masse poreuse entre les électrodes.

Application aux boues

Toutes les boues organiques ou inorganiques consistent en une combinaison d'une
5 phase solide avec une certaine quantité de liquide. Le comportement de la partie
liquide est souvent considéré à tort comme étant le même que celui de l'eau ordinaire.
Il y a différentes formes physiques de l'eau dans les boues qui jouent un rôle
déterminant dans son extraction.

10 Dans ce type de matériau, l'eau peut se présenter sous trois états:

- l'eau de constitution;
- l'eau absorbée; et
- l'eau interstitielle ou libre.

15 Outre ces trois états fondamentaux, on peut citer un état intermédiaire: l'eau capillaire.

L'eau de constitution fait partie de la molécule même du matériau. Elle ne peut être
extraite de ce dernier sans en altérer la composition chimique. L'eau adsorbée, de par
l'action des forces moléculaires, se trouve dans un état spécial et ne répond pas aux
20 lois classiques de l'eau libre.

Il existait donc un besoin pour la mise au point d'un procédé mettant en œuvre
l'électro-osmose et permettant un traitement efficace des boues; ce procédé
conservant en outre son efficacité en cours de traitement.

25

Les objectifs de l'invention sont énumérés dans ce qui suit:

- l'augmentation de la concentration en matières solides dans les boues (siccités);
- la réduction de la concentration des polluants cationiques dans les boues;
- la concentration des polluants cationiques dans l'effluent recueilli à la cathode;
- 30 - la réduction des polluants anioniques dans les boues;
- la concentration des polluants anioniques dans l'effluent recueilli à l'anode;

- le compactage des boues et réduction de volume; et
- l'amélioration de la résistance mécanique de la boue.

RÉSUMÉ DE L'INVENTION

5

L'invention est relative à un procédé mécano-électro-osmotique de déshydratation et/ou de compactage et/ou de dépollution des boues par action combinée de la pression et de l'électro-osmose. L'invention est également relative à un système ou dispositif composé notamment d'une cellule, d'électrodes, d'un système de pression et
10 d'une alimentation électrique. Ce dispositif possède une structure adaptée selon le cas à une mise en œuvre en continu ou batch.

Le système en batch est de préférence muni de deux électrodes, une fixe et l'autre mobile. Les deux électrodes métalliques sont perforées et ce, pour permettre
15 l'évacuation des effluents. Des réservoirs sont prévus à l'arrière des plaques métalliques et ils sont raccordés à l'extérieur par des conduits. Le système selon l'invention combine notamment:

- l'action de la pression pour assurer le contact des plaques avec les boues,
20 pour compenser la pression interstitielle négative produite par l'électro-osmose à l'anode et pour contribuer à l'extraction des fluides des boues; et
- l'action d'un champ électrique qui favorise le mouvement des cations, ce dernier, par effet visqueux entraîne les molécules d'eau vers la cathode pour extraction.

25

Le système en continu, en position verticale, est avantageusement muni de deux électrodes. Les deux électrodes métalliques sont perforées et ce, pour permettre l'évacuation des effluents. Des réservoirs sont prévus à l'arrière et raccordés à l'extérieur par des conduits.

30

Le type de système combine:

- l'action de la pression pour assurer le contact des électrodes avec les boues, pour compenser la pression interstitielle négative produite par l'électro-osmose à l'anode et pour contribuer à l'extraction des fluides des boues et à l'évacuation des boues; et
- 5 - l'action de moyens permettant de créer un gradient de voltage entre les électrodes, de préférence des connections électriques en parallèle sont réalisées sur des électrodes indépendantes.

La pression appliquée est variable et augmente au fur et à mesure que la consistance
10 de la boue augmente. Du fait que les deux électrodes sont drainantes, la distance que doit parcourir une goutte de liquide dans la cellule est la moitié de celle du système décrit dans Water Environment Research, volume 71, numéro 3.

Une très faible pression est appliquée au début du traitement. La pression permet le
15 meilleur contact des électrodes avec les boues et de plus l'augmentation de la pression développe à l'intérieur de la boue une pression interstitielle positive pour compenser celle négative et qui aide également la filtrabilité de la boue. Le voltage appliqué aux électrodes est maintenu constant durant toute la période du traitement malgré la réduction de la longueur de l'échantillon, ce qui conduit à l'augmentation du gradient
20 de voltage.

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

La Figure 1 représente une cellule d'électro-osmose selon un autre mode de
25 réalisation de la présente invention; dans cette cellule qui est plus particulièrement adaptée pour un traitement discontinu des boues.

- 1- Représente une cellule en Plexiglas
- 2- Représente un prolongement amovible de la cellule pour loger l'anode
- 30 3- Une anode mobile
- 4- Un piston pneumatique relié à l'anode
- 5- Une cathode fixe

- 5
- 6- Des supports
 - 7- Des contacts électriques
 - 8- Des orifices de drainage et d'évacuation du liquide
 - 8- Des orifices de drainage et d'évacuation du gaz
 - 9- Des plots de mesure des voltages
 - 10- La tige qui relie le piston à l'anode

La Figure 2 représente une cellule batch selon un autre mode de réalisation préféré de l'invention.

10

La Figure 3A représente une vue en section interne de la cellule de la Figure 2 prise selon la coupe 3A-3A dans laquelle la plaque métallique a été enlevée, alors que la Figure 3B représente une vue selon la coupe 3B-3B.

- 15
- La Figure 4A représente une vue de face du réservoir d'une anode selon un mode de réalisation préféré de l'invention alors que la Figure 4B représente une vue en section prise selon la coupe 4B-4B représentée à la Figure 4A.

20

La Figure 5 représente une partie inférieure d'une cellule batch selon un mode de réalisation préféré de l'invention, la partie inférieure étant munie de perforations.

25

La Figure 6 représente une vue fragmentée d'un système adapté pour un procédé en continu selon un mode de réalisation préféré de l'invention, la partie de gauche représentant la partie extérieur du système et la partie de droite représentant une vue d'une section interne du système.

La Figure 7 représente une vue de face d'une sortie pour la boue traitée du système illustré à la Figure 6, la vue étant prise selon la ligne 7-7.

30 **DESCRIPTION GÉNÉRALE DE L'INVENTION**

Il a été trouvé de façon surprenante que le mouvement des électrodes par l'insertion d'une pression mécanique, permet un meilleur contact sur la totalité des sections

transversales des électrodes et sur le matériau. La réduction du volume de l'échantillon représenté par la réduction de la longueur du matériau permet l'augmentation du gradient de voltage pour une tension maintenue constante entre les électrodes durant toute la durée du traitement.

- 5 Il a par ailleurs été trouvé de façon surprenante que dans le cas des boues agroalimentaires, la teneur en eau est très élevée ce qui laisse supposer la présence d'un fluide au début du traitement. Avec des électrodes fixes, on a constaté que le drainage ou la réduction de l'eau conduit à la réduction de la surface de contact entre le matériau et l'électrode. Le débit d'eau extraite diminue, en considérant le
- 10 coefficient de la perméabilité électro-osmotique k_e constant, selon la relation $Q_e = k_e A \cdot i_e$, où i_e représente le gradient électrique, A la section transversale et Q_e le débit. Ce qui, conformément à la relation mathématique précédente, résulte dans une diminution du débit.
- 15 Un premier aspect de la présente demande est donc constitué par un procédé de traitement de boues par action combinée de l'électro-osmose et/ou de la pression et/ou d'un système vibratoire (tel que les ultra-sons ou électro-acoustique). Ce procédé met en œuvre le drainage d'au moins deux effluents de type différent, le premier effluent généré au niveau de la cathode est d'un pH basique, de préférence compris
- 20 entre 10 et 12, plus préférentiellement encore d'environ 11, et le deuxième effluent généré au niveau de l'anode est d'un pH acide, compris préférentiellement entre 4 et 6 plus préférentiellement encore d'environ 5.

Selon un mode avantageux de réalisation de la présente invention, le procédé est

25 utilisé pour le traitement de boues de nature organique et/ou inorganique telles que les boues colloïdales, papetières, toutes les boues issues d'un traitement chimique et/ou biologique, les boues de laiterie, les boues d'abattoir, les boues résultant de la transformation du lisier notamment du lisier de porc, et les boues résultant des stations d'épuration.

Selon un autre mode avantageux de réalisation, des agents chimiques permettant l'amélioration du traitement des boues sont ajoutés au cours du procédé. Il s'agit de préférence d'agents facilitant la déshydratation tels que des composés polymériques.

5 Selon une variante particulièrement avantageuse du procédé, la boue est soumise à une électro-osmose dans au moins une des conditions suivantes:

- l'utilisation d'électrodes métalliques et/ou en acier et/ou en oxyde de plomb et/ou perforée(s); et/ou
- le réglage du potentiel à un gradient de voltage entre les électrodes
10 variant de 0,5 Volt/cm à 15 Volt/cm, de préférence le voltage varie de 0,5 Volt/cm à 10 Volts/cm, plus préférentiellement encore de 0,5 à 5 Volts/cm; et/ou
- la durée de l'électro-osmose de 1 à 6 heures, de préférence de 4 à 5 heures.

15

Préférentiellement, le précipité qui apparaît lors du mélange des effluents recueillis aux électrodes, à l'anode et à la cathode, au cours du traitement est récupéré et recyclé dans le procédé.

20 La partie de la boue située à proximité d'un des électrodes est soumise à une pression avantageusement comprise entre 2 et 50 KPa, cette pression est générée sur la boue par le déplacement d'au moins une des électrodes dans la cellule.

Selon une autre variante d'intérêt, une partie de la boue située à proximité d'une des
25 électrodes est soumise à une pression générée sur la boue (à proximité d'au moins une des électrodes) par mise en mouvement d'au moins une des électrodes, de préférence à l'aide d'un moyen mécanique et/ou pneumatique, tel qu'un piston ou une charge morte.

30 De préférence, la pression générée par l'anode dans la boue varie en fonction de la consistance de la boue, de préférence ladite pression augmente au fur à mesure que la

consistance de la boue augmente. Plus préférentiellement encore, la pression exercée sur la boue est nulle au début de l'électro-osmose et elle est progressivement augmentée lorsque la boue est soumise à une pression.

- 5 Selon un mode préférentiel, les deux électrodes sont perforées et une goutte de liquide positionnée au centre de la cellule n'a alors à parcourir que la moitié de la distance entre les électrodes.

Lors de la mise en œuvre du procédé, le voltage aux électrodes est avantageusement
10 maintenu sensiblement constant durant tout le procédé et/ou durant des paliers successifs au cours desquels les voltages sont ajustés à une valeur fixe.

De plus selon un autre mode avantageux, au moins une des électrodes (de préférence la cathode) est fixe et/ou au moins une électrode (de préférence l'anode) est mobile.

15

Préférentiellement, au moins une électrode est choisie de façon à permettre l'écoulement des effluents et/ou au moins une des électrodes est de type perforé.

Selon un autre mode particulièrement avantageux de réalisation de la présente
20 invention, au moins un et de préférence au moins deux moyens de retenus (réservoirs de transit) sont présents dans la cellule à proximité de l'électrode (de préférence à proximité de l'électrode mobile), le premier moyen de retenu situé à proximité de la partie haute de l'électrode permet de recueillir la fraction gazeuse (essentiellement constituée d'au moins un des gaz du groupe constitué par H₂, O₂, NH₃ et CO₂ et
25 éventuellement d'un peu d'eau) produite dans la partie haute de l'électrode et qui transite préférentiellement au travers de canaux et/ou d'orifices présents dans la partie haute de l'électrode et le second moyen de retenu est de préférence situé à proximité de la partie basse de l'électrode, ce qui permet de recueillir la partie liquide (essentiellement l'eau) produite dans la partie basse de l'électrode et qui transite
30 préférentiellement au travers de canaux et/ou d'orifices présents dans la partie basse de l'électrode.

La boue à traiter est insérée de préférence à proximité d'au moins une des électrodes, de préférence entre deux électrodes.

- 5 Enfin le procédé selon l'invention est particulièrement performant qu'il soit mis en œuvre en continu ou en batch.

Un second aspect de la présente invention est constitué par l'utilisation d'un des procédés selon l'invention pour la dépollution des boues, pour l'augmentation de la
10 concentration en matières solides dans les boues (siccités), pour la réduction de la concentration des polluants cationiques dans les boues, pour la concentration des polluants cationiques dans l'effluent recueilli à la cathode, pour la réduction des polluants anioniques dans les boues, pour la concentration des polluants anioniques dans l'effluent recueilli à l'anode et/ou pour le compactage des boues.

15

Des résultats particulièrement intéressants sont obtenus dans le cadre d'une déshydratation des boues réalisée dans un but de protection de l'environnement.

Un troisième aspect de la présente invention est constitué par un dispositif de
20 traitement de boues comportant :

- une cellule;
- un système électro-osmotique contenant de préférence au moins 2 électrodes;
- un système susceptible de générer de la pression dans au moins une partie
25 de la boue à traiter et/ou un système (tel que les ultra-sons ou l'électro-acoustique) susceptible de générer une excitation dans la boue;
- au moins une alimentation en boue à traiter;
- au moins une sortie pour une fraction gazeuse; et
- au moins une sortie pour une fraction liquide.

30

De façon préférentielle, un tel dispositif comporte additionnellement au moins un réservoir, au moins une électrode perforée et au moins un système d'extraction des boues. Il est conçu pour pouvoir être utilisé avantageusement en position horizontale ou verticale.

5

Des résultats particulièrement intéressants sont obtenus avec les dispositifs de l'invention qui comportent au moins une des caractéristiques suivantes:

- 10 - un orifice pour l'insertion de la boue dans la cellule, ledit orifice étant positionné entre les électrodes et étant de préférence équipé d'un clapet anti-retour;
- 15 - au moins une électrode munie d'un dispositif permettant d'assurer un contact permanent de toute la surface des électrodes sur la boue;
- 20 - la cellule possède au moins une section rectangulaire, de préférence une section sensiblement carrée;
- 25 - un système de pompage permettant l'alimentation de la cellule en boue, de préférence en boue ayant une siccité comprise entre 2 et 17 %, plus préférentiellement encore en boue de faible siccité (environ 6 %), par une ouverture présente dans la partie supérieure et munie d'un clapet pour empêcher le retour des boues et/ou dans lequel la face inférieure de la cellule est perforée pour permettre l'évacuation de l'eau libre contenue dans la boue avec ou sans électro-osmose (la taille des orifices est de préférence de l'ordre du mm);
- 30 - dans lequel au moins une des électrodes est mobile, de préférence la cellule est prolongée à une de ses extrémités pour y loger l'électrode mobile;

- au moins une des électrodes a la même forme que la section transversale de la cellule;
 - le dispositif a une forme interne constante pour permettre un mouvement uniforme, de préférence rectiligne, de l'électrode mobile à l'intérieur de la cellule et une friction sensiblement constante entre l'interface électrode / paroi interne;
 - au moins une des électrode est composée de deux parties: la première partie est une plaque métallique perforée et en contact avec les boues; la deuxième partie est en matière rigide et non conductrice de l'électricité, de préférence en plastique avec un réservoir à l'arrière de la plaque métallique;
 - le réservoir est muni de deux (2) compartiments, un compartiment étant prévu pour la récupération du liquide (de préférence de l'eau) produite à l'électrode, l'autre compartiment étant prévu pour la récupération des gaz produits par les réactions d'électrolyse; et
 - le dispositif est réalisé comme illustré dans l'une des Figures 1 à 5.
- Un troisième aspect de la présente invention est constitué par les boues traitées susceptibles d'être obtenues par un procédé et/ou par mise en œuvre d'un dispositif selon la présente invention.
- Un quatrième aspect de la présente invention est constitué par le mode de réalisation en continu du procédé selon le premier objet de la présente invention. Le procédé correspondant comporte au moins une des caractéristiques suivantes:
- la pression est générée sur la boue (à proximité d'au moins une des électrodes), de préférence à l'aide d'un moyen mécanique et/ou pneumatique;

- la pression générée dans la boue varie en fonction de la consistance de la boue, de préférence ladite pression augmente au fur à mesure que la consistance de la boue augmente;
- 5
- la pression exercée sur la boue est nulle au début de la mise en œuvre du procédé d'électro-osmose et son intensité progressivement augmentée au cours du procédé lorsque la boue est soumise à une pression;
- 10
- les deux électrodes sont perforées et une goutte de liquide positionnée au centre de la cellule n'a à parcourir que la moitié de la distance qui sépare les électrodes;
- 15
- le voltage aux électrodes est maintenue sensiblement constant durant tout le procédé et/ou durant des paliers successifs au cours desquels les voltages sont ajustés à une valeur fixe;
- 20
- au moins une électrode (de préférence la cathode) est fixe et/ou au moins une électrode (de préférence l'anode) possède une section variable ou toutes les électrodes ont une section constante;
- 25
- l'anode et la cathode ont une section différente, de préférence, l'une des électrodes est positionnée à l'intérieur de l'autre, plus préférentiellement encore l'une des électrodes est positionnée de façon coaxiale à l'intérieur de l'autre;
- 30
- au moins une des électrodes est creuse;
 - au moins une électrode est choisie de façon à permettre l'écoulement des effluents;

- au moins une des électrodes est de type perforé;
- l'épaisseur de l'anneau de boues à traiter présent à l'intérieur de la cellule est égale à au moins deux fois la plus grande distance de l'axe central de la cellule au point le plus éloigné de la paroi d'au moins une des électrodes; et
- la boue à traiter est insérée au niveau de la partie supérieure d'au moins une des électrodes, de préférence entre deux électrodes.

10 Ces procédés continus trouvent une utilisation particulièrement avantageuse dans la dépollution des boues, pour l'augmentation de la concentration en matières solides dans les boues (siccité), pour la réduction de la concentration des polluants cationiques dans les boues, pour la concentration des polluants cationiques dans l'effluent recueilli à la cathode, pour la réduction des polluants anioniques dans les
15 boues, pour la concentration des polluants anioniques dans l'effluent recueilli à l'anode et/ou pour le compactage des boues.

Cette utilisation est d'un intérêt particulier lorsque la déshydratation des boues est réalisée dans un but de protection de l'environnement.

20

Un cinquième aspect de la présente invention est constitué par un dispositif de traitement de boues d'un intérêt particulier pour les procédés en continu et en particulier pour les procédés continus selon l'invention, un tel dispositif comprend au moins:

- 25 - une cellule;
- un système électro-osmotique contenant de préférence au moins 2 électrodes, l'une des électrodes étant placée à l'intérieur de l'autre de préférence de façon coaxiale;
- un système susceptible de générer de la pression dans au moins une partie
30 de la boue à traiter et/ou un système susceptible de générer une excitation des boues;

- au moins une alimentation en boue à traiter;
- au moins une sortie pour une fraction gazeuse; et
- au moins une sortie pour une fraction liquide.

5 Avantageusement, un tel dispositif comporte additionnellement au moins un réservoir de décharge et/ou de transit, au moins une électrode perforée et au moins un système d'extraction des boues. Ce dispositif est avantageusement conçu pour être utilisé en position verticale ou horizontale.

10 Un tel dispositif comporte avantageusement au moins une des caractéristiques suivantes:

- 15 - un orifice pour l'insertion de la boue dans la cellule, ledit orifice est positionné entre les électrodes et il est de préférence équipé d'un clapet anti-retour;
- au moins une des électrodes est munie d'un dispositif permettant d'assurer un contact permanent de toute la surface des électrodes sur la boue;
- 20 - au moins une des électrodes possède une section rectangulaire ou cylindrique, de préférence une section cylindrique;
- un système de pompage permettant l'alimentation de la cellule en boue, de préférence en boue ayant une siccité comprise entre 2 et 17 %, plus
25 préférentiellement encore en boue de faible siccité (environ 6 %), par une ouverture présente dans la partie supérieure et munie d'un clapet pour empêcher le retour des boues;
- une électrode à section variable;

30

- au moins une des électrodes a la même forme que la section transversale de la cellule;
- 5 - au moins une des électrode est composée de deux parties: la première partie est une plaque métallique perforée et en contact avec les boues; la deuxième partie est en matière rigide et non conductrice de l'électricité, de préférence en plastique avec un réservoir à l'arrière de la plaque métallique;
- 10 - le réservoir est muni de deux (2) compartiments, un compartiment étant prévu pour la récupération du liquide (de préférence de l'eau) produite à l'électrode, l'autre compartiment étant prévu pour la récupération des gaz produits par les réactions d'électrolyse; et
- 15 - le dispositif est réalisé comme illustré à la Figure 6.

Tel qu'illustré à la Figure 6, le dispositif ou système pour le traitement en continu 101 comprend une anode 103 ayant un réservoir 105 muni de canaux 106 permettant l'évacuation d'un effluent 107. Le dispositif comprend également une cathode 108, 20 une entrée pour la boue à traiter 109, une sortie pour les gaz 111 et une sortie pour les effluents 113.

25 Un autre aspect de la présente invention est constitué par les boues traitées susceptibles d'être obtenues par un procédé et/ou par mise en œuvre d'un dispositif tel que décrit en rapport avec la réalisation en continu de l'invention.

17a

**DESCRIPTION DE MODES PRÉFÉRENTIELS DE RÉALISATION DE
L'INVENTION**

5 Le procédé de déshydratation, de compactage et de dépollution des boues par action combinée de la pression et de l'électro-osmose, selon la présente invention est de type mécano-électro-osmotique. Ce système mécano-électro-osmotique est composé d'un contenant, des électrodes, d'un bati, d'un système de pression et d'une alimentation électrique, il est positionné en position horizontale ou verticale.

10

La boue est insérée dans le contenant entre les deux électrodes. Un système de pression permet l'application d'une pression pour permettre un meilleur contact

permanent de toute la surface des électrodes sur la boue. Les câbles et les tubes sont connectés aux orifices et aux plots prévus à cet effet aux deux électrodes.

La cellule est prévue pour contenir la boue. La section transversale de cette dernière
5 peut être rectangulaire ou circulaire.

Les boues, à faible siccité, sont introduites dans le contenant par un système de pompage par une ouverture prévue dans la partie supérieure et munie d'un clapet pour empêcher le retour des boues. Le contenant est prolongé à une de ses extrémités pour
10 y loger l'électrode mobile. Dans le prolongement du contenant des réservations (trous) sont prévues pour le passage des câbles et de la tuyauterie.

Le système est fixé sur un support. Ce dernier permet la fixation et la rigidification du système. Il permet également le déplacement du contenant pour la vidange des boues
15 qui s'y trouvent après le traitement. Le contenant doit être de préférence rectiligne, pour permettre un mouvement uniforme et une friction constante entre l'interface anode-paroi interne. L'étanchéité du système est avantageusement assurée par des joints en caoutchouc prévus à cet effet.

20 On prévoit, à chaque extrémité du contenant, une électrode ayant la même forme que la section transversale du contenant.

L'électrode est composée de deux parties:

- la première partie est constituée de préférence par une plaque métallique perforée et elle est placée en contact avec les boues; et
25
- la deuxième partie est constituée de préférence d'un matériau non conducteur tel qu'une matière plastique avec un réservoir à l'arrière de la plaque métallique. Ce réservoir est muni de deux (2) orifices, un prévu pour le drainage, l'autre pour les gaz produits par les réactions d'électrolyse.

La plaque métallique est connectée par un plot métallique à un câble relié à la source de courant. Il est impératif d'avoir des joints d'étanchéité résistants et souples afin de minimiser la friction sur les parois du contenant.

- 5 Le générateur de courant continu est installé dans le dispositif afin de produire la puissance requise au fonctionnement.

Une cellule qui peut être avantageusement utilisée est réalisée en PVC de 20 cm de diamètre et de 30 cm de hauteur. Elle est installée en position horizontale sur deux
10 supports verticaux. L'échantillon de boue d'un volume de 9 litres est inséré entre deux électrodes, la première électrode est fixée à un support et la seconde mobile fixée à une vis. L'électrode est composée de deux parties: une partie métallique qui sert de conducteur et une autre en plastique comportant un réservoir d'une capacité de 50 ml. Chaque réservoir est muni de deux orifices pour l'évacuation des gaz et le
15 drainage des effluents. La section transversale de l'électrode est de 314 cm^2 . La charge de contact transmise à la boue est appliquée par un piston pneumatique (Figure 1).

20

EXEMPLES

Les exemples suivants sont donnés à titre purement illustratif et ne sauraient en aucun cas être interprétés comme constituant une quelconque limitation de l'objet de la présente invention.

25

Exemple 1 – Boue agroalimentaire

Mode opératoire - matériel

- 30 La réalisation de l'essai nécessite la réalisation des opérations suivantes:

- le remplissage de la cellule avec la boue à traiter;

- le montage complet de la cellule sur le dispositif; et
- l'installation des électrodes et des connections.

On place tout d'abord la cellule représentée en position horizontale sur la Figure 1, en position verticale et on ouvre le couvercle 2 constitué par le prolongement amovible de la cellule dans laquelle la boue est traitée. L'électrode 3 est également démontée et la cellule 1 complètement remplie avec la boue à traiter.

Une fois l'électrode 3 positionnée sur la surface supérieure de la boue, le couvercle 2 qui fait partie intégrante de la cellule est fermé et la cellule 1 repositionnée en position horizontale. La cellule est solidarisée avec le sol à l'aide des supports 6, à l'aide de tiges filetées traversant les pieds des supports 6.

La mise sous tension des électrodes est réalisée par connexion des contacts 7 avec la source d'alimentation (non représentée).

On met alors le dispositif en pression à l'aide du piston 4 qui est solidarisé avec l'électrode 3 au moyen de la tige 10 et la pression est alors progressivement augmentée. L'évacuation des effluents liquides est réalisé au niveau des orifices de drainage 8 et celui des effluents gazeux est réalisé au niveau des orifices 8'. Lorsque l'émission d'effluents diminue de façon sensible, on arrête le traitement, on mesure finalement la siccité de la boue traitée, cette valeur est significative de la teneur en eau résiduaire.

Réalisation de l'essai

Une boue agroalimentaire obtenue dans l'industrie de transformation de la viande est traitée. Il s'agit d'une boue résultant de plusieurs traitements physico-chimiques de type DAF, notamment avec du sulfate ferrique, sur un mélange de viandes constitué essentiellement de viande de porc. Cette boue a été filtrée pour en éliminer tous les

résidus de viande excédant 2 mm. Cette boue est caractérisée par une résistivité de 238 Ω .cm.

La boue est mise en cellule dans une chambre à humidité contrôlée et ce, dans le but
5 de réduire le séchage des boues dû à la température de la pièce qui pourrait être entre 20 et 25 °C.

La boue est installée dans la cellule en cinq (5) couches de 3 cm chacune avec un faible compactage réalisé avec un pilon d'environ 200 grammes pour réduire les vides
10 et pour assurer l'uniformisation de toutes les couches. L'anode ainsi que le piston sont installés et l'ensemble est assemblé à l'aide de quatre (4) tiges filetées. Les connexions électriques ainsi que les tubulures sont installés.

L'échantillon de boue est soumis à une pression moyenne de l'ordre de 13 kPa. Cette
15 pression, au début du traitement, est de l'ordre de 2 à 3 kPa et elle est augmentée jusqu'à 50 kPa. Les teneurs en eau des boues initiales sont mesurées durant la mise en place de chaque couche.

Après la mise sous pression, l'échantillon de boue est mis sous tension électrique.
20 Ainsi, un gradient de voltage initial de l'ordre de 0,5 Volts/cm est appliqué ce qui conduit à un voltage total appliqué entre les électrodes de 8,5 Volts. Ce voltage a été maintenu constant durant tout le traitement. Un courant initial de 130 mA a été mesuré juste à la sortie au plot numéro 7.

25 Après quelques minutes de traitement, c'est à dire après que la boue ait été soumise à la pression ainsi qu'au voltage, on observe un écoulement de liquide à travers les deux électrodes, c'est à dire aussi bien au niveau de l'anode qu'au niveau de la cathode. Il faut remarquer que les électrodes ont été, au préalable, perforées.

Les effluents recueillis sont caractérisés par leur couleur ainsi que par leur pH. Ainsi, l'effluent recueilli à l'anode a une couleur jaunâtre et un pH voisin de 4, alors que l'effluent recueilli à la cathode présente une couleur brunâtre et un pH voisin de 12.

5 **Exemple 2 – Boue agroalimentaire**

Une boue agroalimentaire obtenue dans l'industrie de transformation de la viande est traitée. Il s'agit d'une boue résultant de plusieurs traitements physico-chimiques de type DAF, notamment avec du sulfate ferrique, sur un mélange de viandes constitué
10 essentiellement de viande de porc. Cette boue a été filtrée pour en éliminer tous les résidus de viande excédant 2 mm. Cette boue est caractérisée par une résistivité de 244 Ω .cm.

Après 24 heures de stockage dans une chambre humide à 13° Celcius et avec une
15 teneur en humidité de 90 %, la boue est placée dans l'installation en batch d'un volume de 1100 ml décrite dans l'exemple 1.

La pression appliquée est la même que dans l'exemple précédent.

20 Le voltage appliqué pendant 6 heures aux électrodes est réglé à 8.5 volts et le gradient de voltage est de 0,5 Volt/cm. Le volume d'eau drainé est de 466 ml. La siccité initiale mesurée pour la boue d'alimentation est de 10% et celle de la boue après traitement est de 25,3%.

25 **Exemple 3 – Boue agroalimentaire**

La boue agroalimentaire utilisée dans l'exemple est de même nature que celle traitée dans l'exemple 2, à la différence qu'elle a été stockée pendant 1 semaine dans la chambre humide. Cette boue est caractérisée, avant traitement, par une résistivité de
30 290 Ω .cm. Cette boue est soumise à un traitement dans la même installation que dans

l'exemple 1, pendant 6 heures et les conditions de pression appliquées sont également les mêmes.

Le gradient de voltage appliqué est également de 0,5 Volt/cm. Dans ce cas, le volume
5 d'eau drainé est réglé à 280 ml.

Alors que la siccité initiale de la boue d'alimentation était de 9%, celle de la boue finale est de 25%.

10 **Exemple 4 – Boue agroalimentaire**

Une boue agroalimentaire originaire d'un abattoir ayant une résistivité de 308 Ω .cm est traitée, après 3 jours de stockage en chambre humide, en batch dans une cellule rectangulaire équipée d'une électrode de section de 185 cm². Le volume de la cellule
15 est de 925 ml et la durée du traitement dans la cellule de 4 heures.

Le voltage aux électrodes est de 2,5 Volts/cm et le gradient de voltage appliqué est également de 0,5 Volt/cm et cette fois le volume d'eau drainé est de 194 ml.

20 Alors que la siccité initiale de la boue était de 14%, celle de la boue après traitement est de 40%.

Exemple 5 – Boue agroalimentaire

25 Une boue agroalimentaire de même nature que celle traitée dans l'exemple précédent, mais stockée pendant une semaine dans la chambre humide, est utilisée pour la réalisation de l'exemple. La résistivité de la boue avant traitement est de 36 Ω .cm.

La durée du traitement est de 5 heures 30 minutes.

Le gradient de voltage appliqué aux électrodes est de 1 Volt/cm et le volume d'eau drainé est de 122 ml.

Alors que la siccité initiale de la boue était de 8%, celle de la boue après traitement
5 est de 25%.

Exemple 6 – Boue municipale cellule en continu

Une boue d'une résistivité de 22 Ω /cm, obtenue par traitement biologique d'effluents
10 d'une station d'épuration de Victoriaville, Province de Québec, Canada, est traitée pendant 335 minutes dans une installation continue en forme de cylindre telle que représentée sur la Figure 6 et d'un volume de 24 litres.

Le volume d'eau drainé est de 30,2 litres et le volume des boues est de 80 litres.
15

Le voltage appliqué à l'électrode est de 30 Volts et le gradient de voltage est de 5 Volts/cm.

Alors que la siccité initiale était de 2,14%, celle de la boue traitée dans la partie
20 inférieure de la cellule est de 17,60%.

Conclusion

Le procédé selon l'invention permet donc de réaliser le traitement des boues avec les
25 avantages suivants:

- la réduction des volumes par compactage de la boue;
- la déshydratation de tout type de boue, y compris des boues fines issues d'un traitement physico-chimique et/ou biologique;
- des économies substantielles d'énergie;
- 30 - réalise simultanément la réduction des éléments cationiques et anioniques (dépollution) présents dans la boue; et

- l'absence d'engorgement du dispositif.

Bien que la présente invention ait été décrite à l'aide de mises en œuvre spécifiques, il est entendu que plusieurs variations et modifications peuvent se greffer aux dites
5 mises en œuvre, et la présente invention vise à couvrir de telles modifications, usages ou adaptations de la présente invention suivant en général, les principes de l'invention et incluant toute variation de la présente description qui deviendra connue ou conventionnelle dans le champ d'activité dans lequel se retrouve la présente invention, et qui peut s'appliquer aux éléments essentiels mentionnés ci-haut, en
10 accord avec la portée des revendications suivantes.

REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement de boues par action combinée d'électro-osmose et de pression caractérisé en ce que:
 - a) on procure une cellule pour le traitement des boues comprenant au moins deux électrodes dont au moins une cathode et au moins une anode, au moins une desdites électrodes étant mobile et au moins une desdites électrodes étant perforée de façon à drainer des effluents;
 - b) on insère une boue à traiter dans la cellule entre lesdites au moins deux électrodes, chacune desdites électrodes définissant une surface destinée à être en contact permanent avec la boue à traiter; et
 - c) on met la boue sous tension électrique en appliquant un voltage aux électrodes, et on applique une pression sur la boue par le biais de ladite au moins une électrode mobile de façon à assurer un contact permanent de toute la surface des électrodes avec la boue, déshydratant ainsi la boue et générant un effluent ayant un pH acide à l'anode et un effluent ayant un pH basique à la cathode, lesdits effluents étant drainés par le biais des perforations.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le voltage appliqué aux électrodes est maintenu sensiblement constant durant tout le procédé, permettant ainsi une augmentation d'un gradient de voltage.
3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce le voltage appliqué aux électrodes est maintenu sensiblement constant durant des paliers successifs au cours desquels le voltage est ajusté à une valeur fixe, permettant ainsi une augmentation d'un gradient de voltage.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la pression appliquée sur la boue par l'électrode mobile varie en fonction d'une consistance de la boue, la pression augmentant au fur à mesure que la consistance de la boue croît.

5. Procédé de traitement de boues par action combinée d'électro-osmose et de pression caractérisé en ce que:

a) on procure une cellule pour le traitement de boues comprenant au moins deux électrodes dont au moins une cathode et au moins une anode, au moins une desdites électrodes étant mobile et au moins une desdites électrodes étant perforée de façon à drainer des effluents;

b) on insère une boue à traiter dans la cellule entre lesdites au moins deux électrodes; et

c) on met la boue sous tension électrique en appliquant un voltage aux électrodes, et on applique une pression sur la boue par le biais de ladite au moins une électrode mobile, déshydratant ainsi la boue et générant un effluent ayant un pH acide à l'anode et un effluent ayant un pH basique à la cathode, lesdits effluents étant drainés par le biais des perforations,

et en ce que :

- la pression appliquée sur la boue à traiter par ladite au moins une électrode mobile varie en fonction d'une consistance de la boue à traiter, la pression augmentant au fur à mesure que la consistance de la boue croît, et

- le voltage appliqué aux électrodes est maintenu sensiblement constant durant tout le procédé et/ou durant des paliers successifs au cours desquels le voltage est ajusté à une valeur fixe, permettant ainsi une augmentation d'un gradient de voltage.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que chacune desdites électrodes définit une surface destinée à être en contact permanent avec la boue à traiter.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la pression est appliquée sur la boue de façon à assurer un contact permanent de toute la surface des électrodes avec la boue.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2, 3 et 5 à 7, caractérisé en ce que le gradient de voltage entre les électrodes varie de 0,5 Volt/cm à 15 Volts/cm.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la pression appliquée sur la boue par le biais de ladite au moins une électrode mobile est générée à l'aide d'un moyen mécanique et/ou pneumatique.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la pression appliquée sur la boue est nulle au début de l'électro-osmose et elle est progressivement augmentée au cours du procédé d'électro-osmose.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'une partie de la boue située à proximité de ladite au moins une électrode mobile est soumise à une pression comprise entre 2 et 50 kPa.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que ladite au moins une électrode perforée est ladite au moins une électrode mobile.
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que ladite au moins une électrode mobile est l'anode.
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que la boue est choisie dans le groupe constitué par les boues colloïdales, les boues de papeteries, les boues agroalimentaires, les boues issues de traitements chimiques et/ou biologiques, les boues de laiterie, les boues d'abattoir, les boues de l'industrie de transformation de la viande, les boues résultant de la transformation du lisier, et les boues résultants des stations d'épuration.
15. Procédé l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que la boue à traiter a une siccité comprise entre 2 et 17 %.
16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que l'anode et la cathode sont disposées l'une en face de l'autre.

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que l'anode et la cathode ont une section différente, l'une de ces électrodes étant disposée à l'intérieur de l'autre.
18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, mis en œuvre en continu ou en batch.
19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, caractérisé en ce que l'anode est mobile et la cathode est fixe, ladite anode et ladite cathode étant perforées de façon à drainer les effluent qui y sont générés.
20. Utilisation d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 19 pour la dépollution de ladite boue, pour l'augmentation de la concentration en matières solides ou de la siccité dans ladite boue, pour la réduction de la concentration d'un polluant cationique dans ladite boue, pour la concentration d'un polluant cationique dans l'effluent généré à la cathode, pour la réduction d'un polluant anionique dans ladite boue, pour la concentration d'un polluant anionique dans l'effluent généré à l'anode et/ou pour le compactage de ladite boue.
21. Dispositif de traitement de boues comprenant :
 - une cellule destinée à recevoir une boue à traiter et comprenant au moins une entrée pour l'alimentation de la boue à traiter, au moins une sortie pour une fraction gazeuse, et au moins une sortie pour une fraction liquide;
 - au moins deux électrodes permettant de traiter la boue par électro-osmose dont au moins une cathode et au moins une anode, lesdites électrodes étant disposées à l'intérieur de ladite cellule, au moins une desdites électrodes étant mobile et au moins une desdites électrodes étant perforée de façon à drainer des effluents, chacune desdites électrodes définissant une surface destinée à être en contact permanent avec la boue à traiter; et

- un moyen permettant de mettre en mouvement ladite au moins une électrode mobile, ledit moyen étant relié à cette dernière et permet d'assurer un contact permanent de toute ladite surface avec la boue, et d'appliquer une pression sur la boue à traiter de façon à ce que la boue soit soumise à l'action combinée de l'électro-osmose et de la pression, déshydratant ainsi la boue et générant au moins un effluent destiné à être drainé par le biais des perforations et de la sortie pour la fraction liquide, et générant au moins un gaz destiné à être drainé par ladite sortie pour la fraction gazeuse.
22. Dispositif selon la revendication 21, caractérisé en ce que ladite au moins une électrode perforée comprend un réservoir destiné à recevoir ledit au moins un effluent, ledit réservoir étant disposé sur une face de l'électrode perforée qui est opposée à ladite surface, ledit réservoir comprenant des canaux et/ou des orifices destinés à recevoir ledit effluent et/ou des gaz générés, lesdits canaux et/ou orifices étant reliés à ladite sortie pour la fraction liquide et/ou ladite sortie pour la fraction gazeuse.
23. Dispositif selon la revendication 21 ou 22, caractérisé en ce que l'anode et la cathode sont disposées l'une en face de l'autre dans ladite cellule.
24. Dispositif selon la revendication 21 ou 21, caractérisé en ce que l'anode et la cathode ont une section différente, l'une des ces électrodes étant disposée à l'intérieur de l'autre.
25. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 21 à 24, caractérisé en ce que ladite au moins une électrode perforée est ladite au moins une électrode mobile.
26. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 21 à 25, caractérisé en ce que ladite au moins une électrode mobile est l'anode.
27. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 21 à 26, caractérisé en ce que l'anode est mobile et perforée, et la cathode est fixe de façon à compenser une pression interstitielle négative produite par l'électro-osmose à l'anode.

28. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 21 à 26, caractérisé en ce que l'anode est mobile et la cathode est fixe, lesdites électrodes étant perforées de façon à drainer des effluent.
29. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 21 à 28, caractérisé en ce que lesdites électrodes sont des plaques métalliques comprenant de l'acier.
30. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 21 à 29, caractérisé en ce que ladite au moins une électrode mobile se déplace de façon horizontale ou verticale.
31. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 21 à 30, caractérisé en ce qu'au moins une des électrodes est à section variable.
32. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 21 à 31, caractérisé en ce que ladite entrée pour la boue à traiter comprend un clapet anti-retour.
33. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 21 à 32, caractérisé en ce que ledit moyen permettant de mettre en mouvement ladite au moins une électrode mobile est un moyen pneumatique et/ou un moyen mécanique.
34. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 21 à 33, caractérisé en ce que la surface de ladite anode et la surface de ladite cathode ont les mêmes dimensions.

1/6

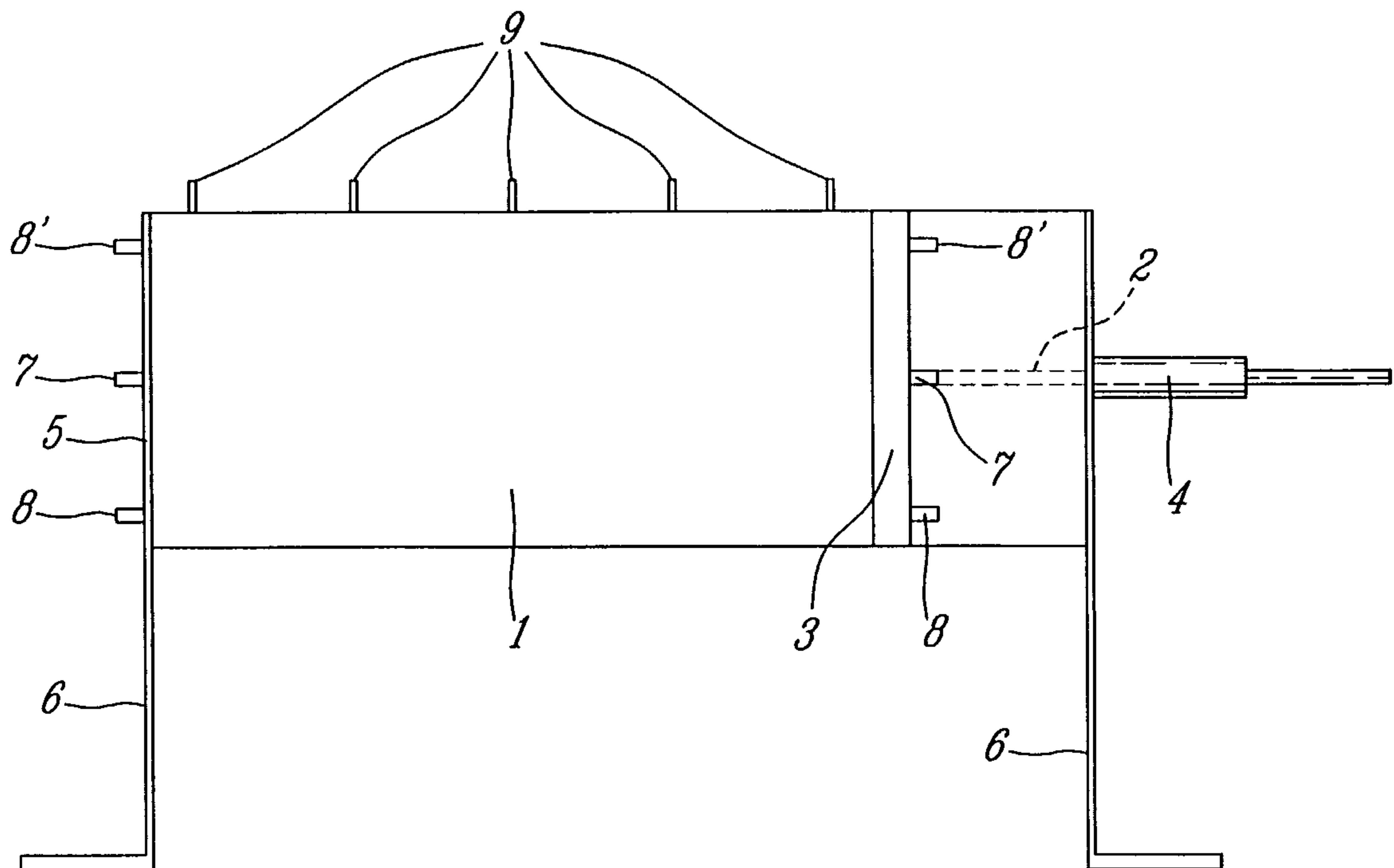
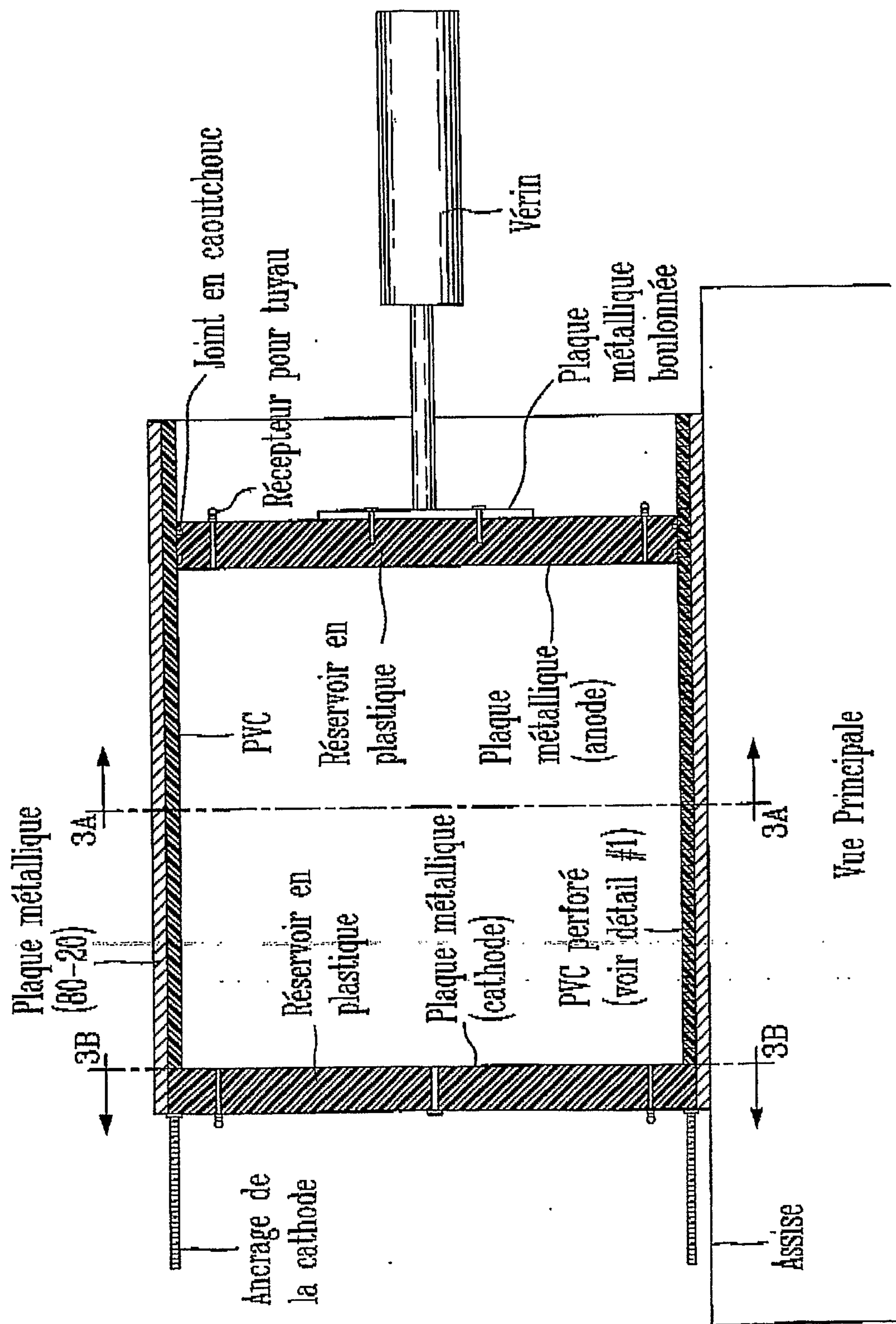


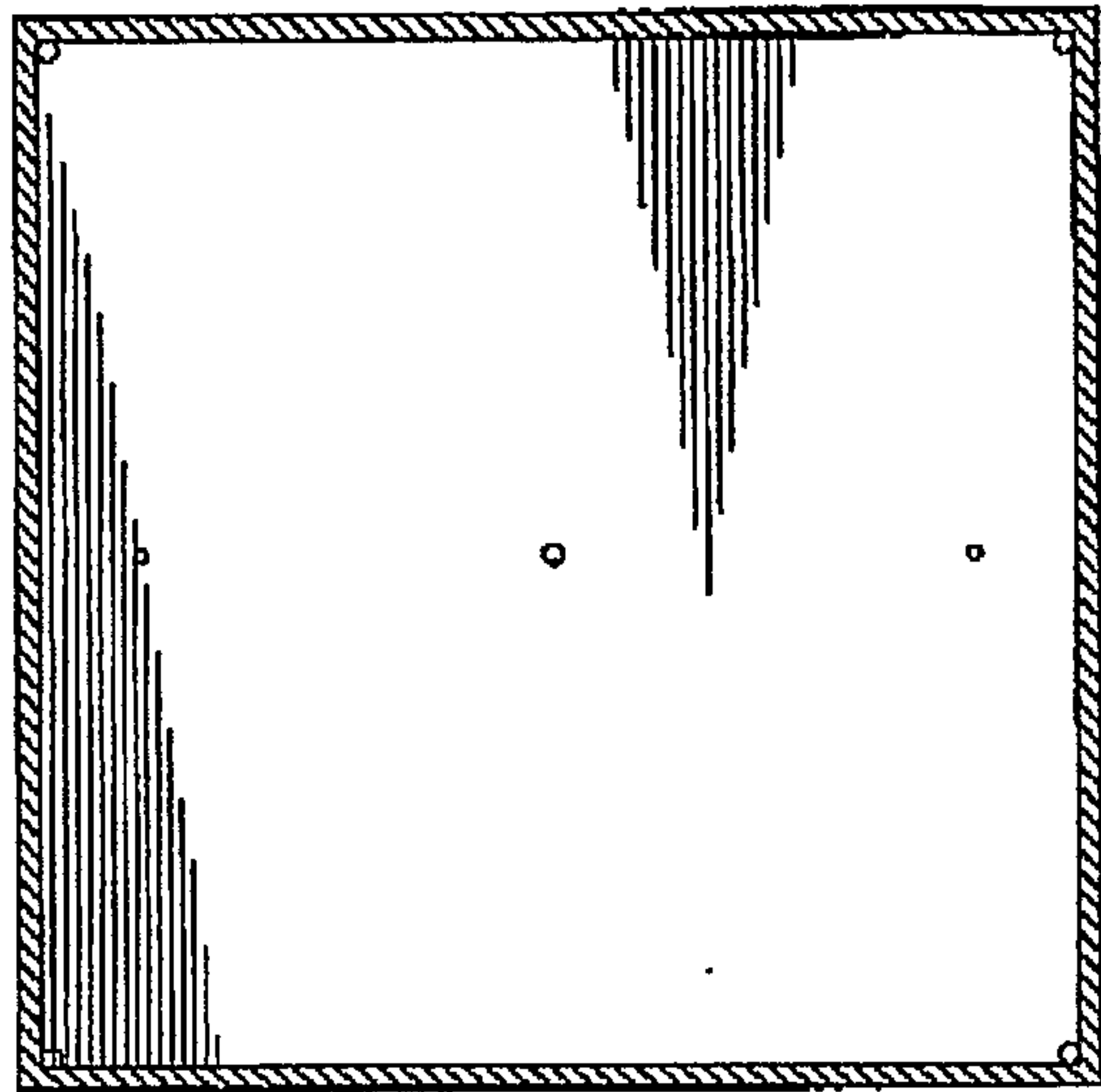
FIG. 1

2/6



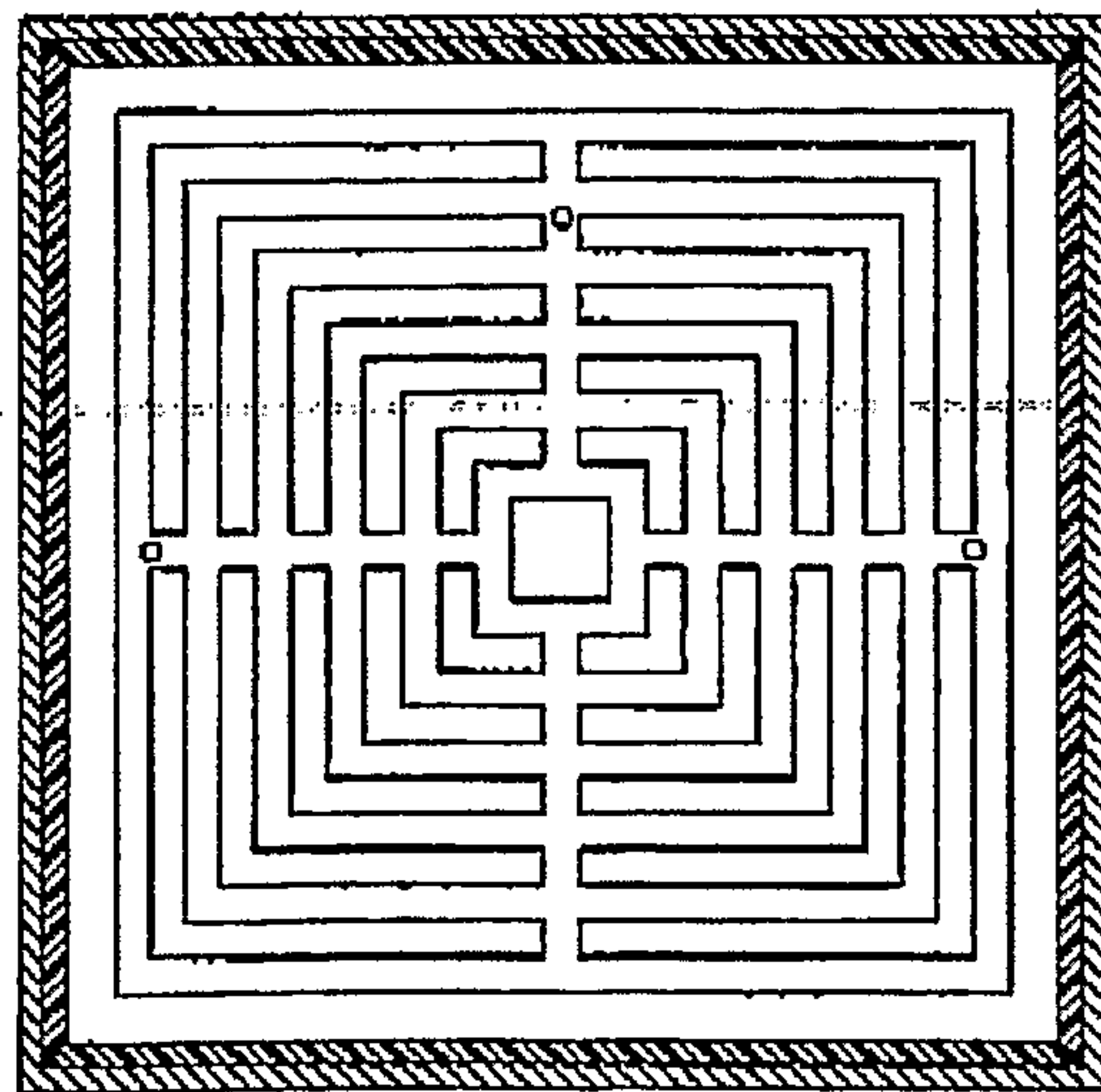
FEUILLE MODIFIÉE

3/6



Coupe 3B-3B

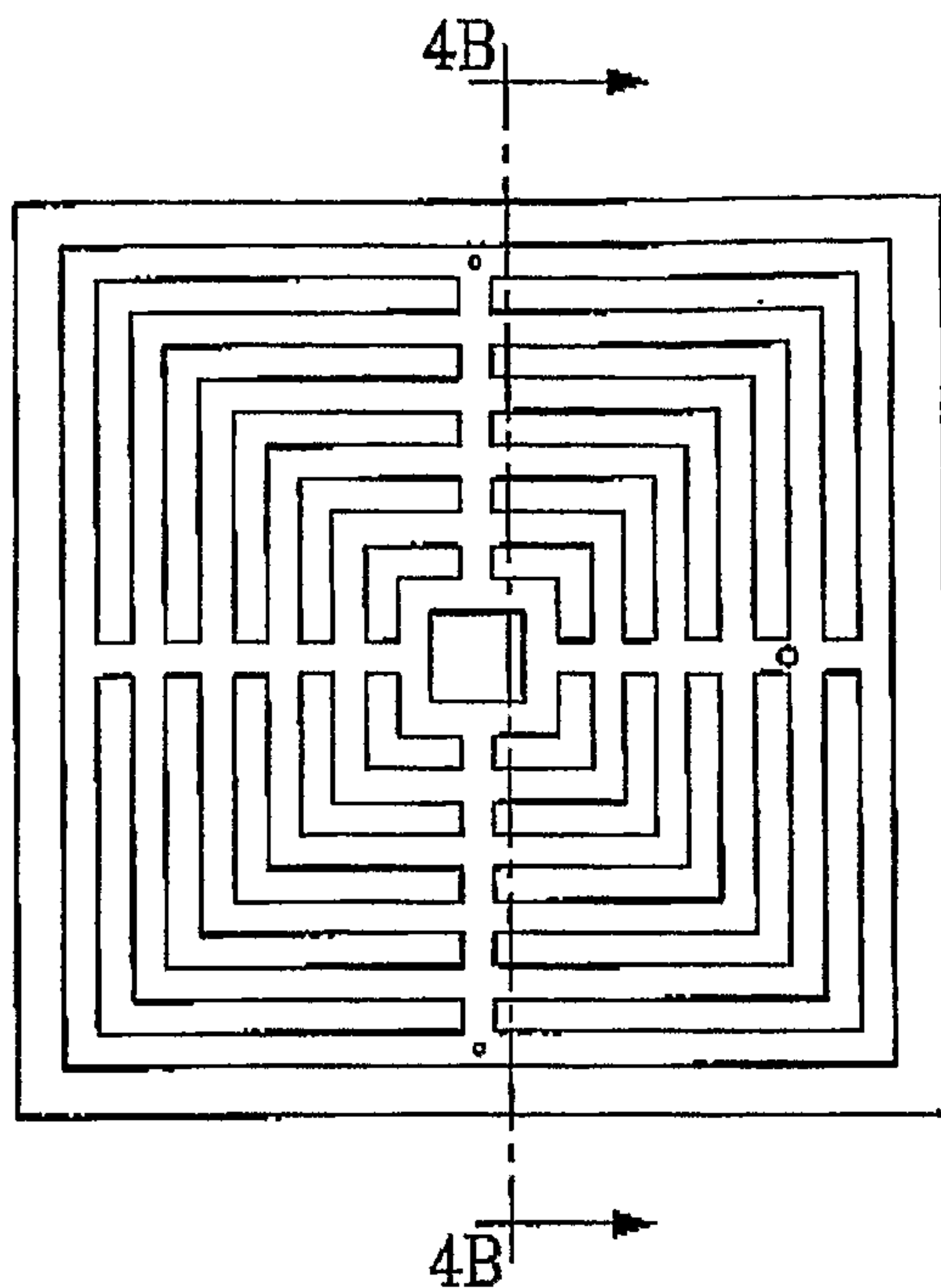
FEU - 3B



Coupe 3A-3A

FEU - 3A

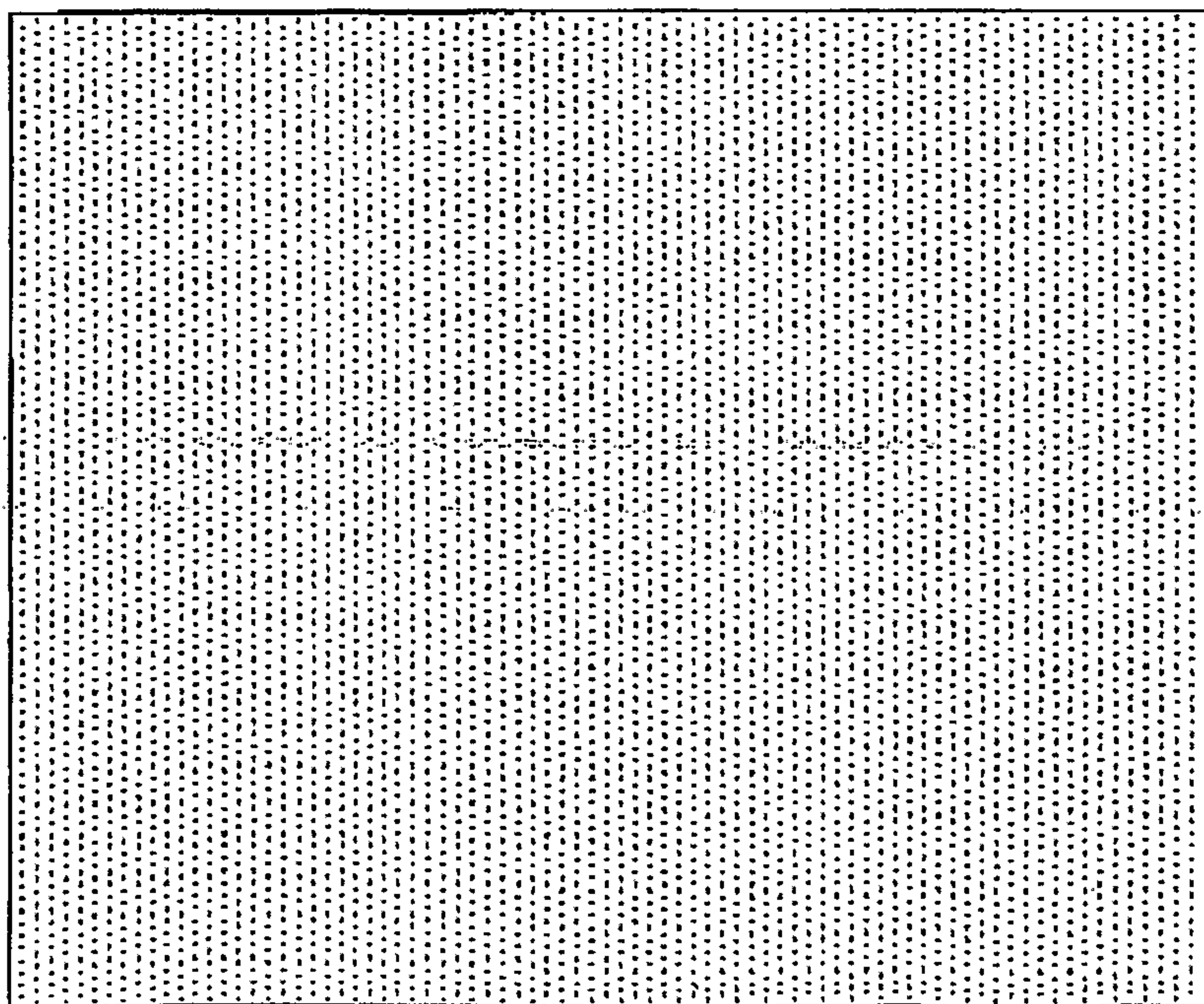
4/6



Vue de face du réservoir d'une anode

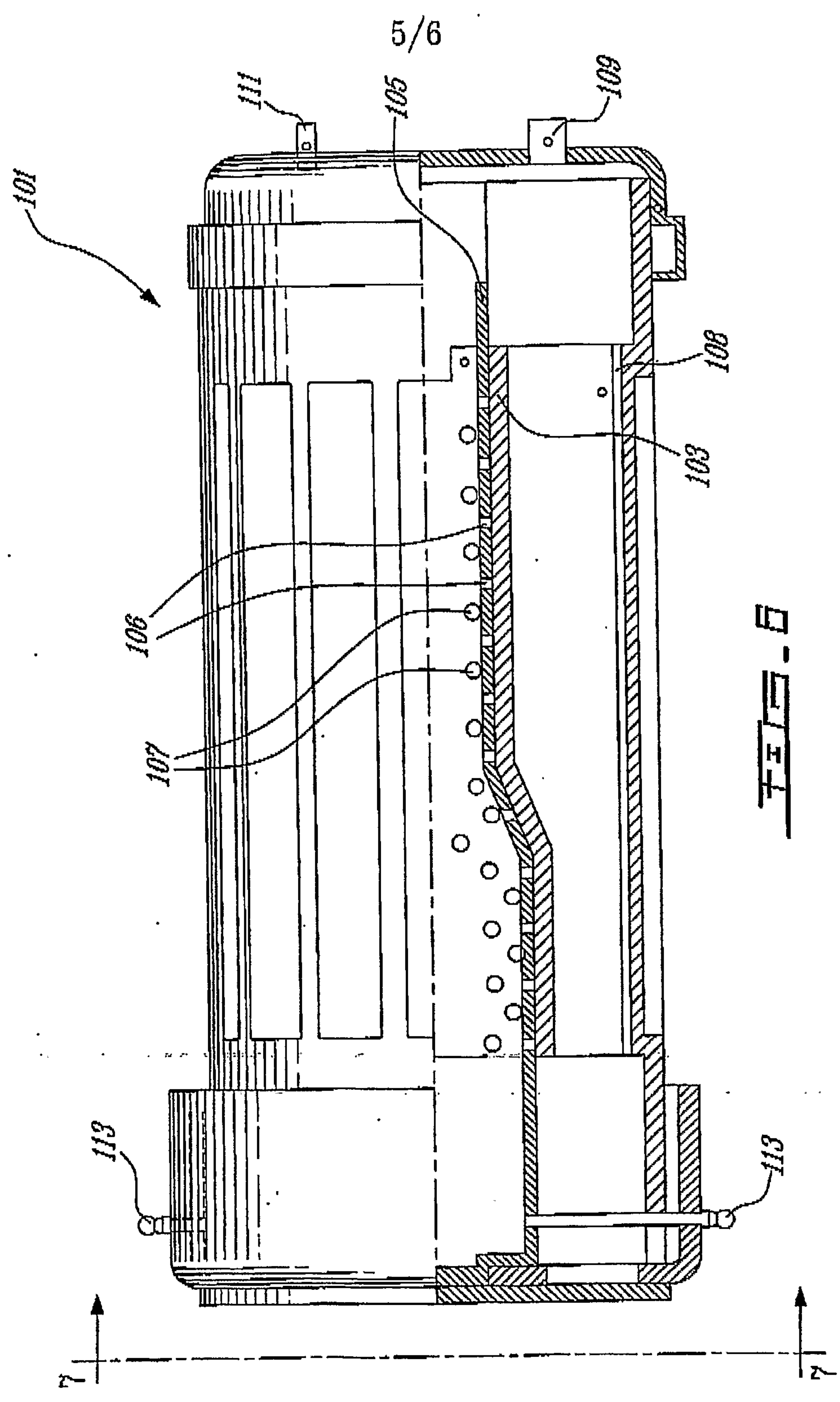
FEIG - 4A

Coupe 4B-4B

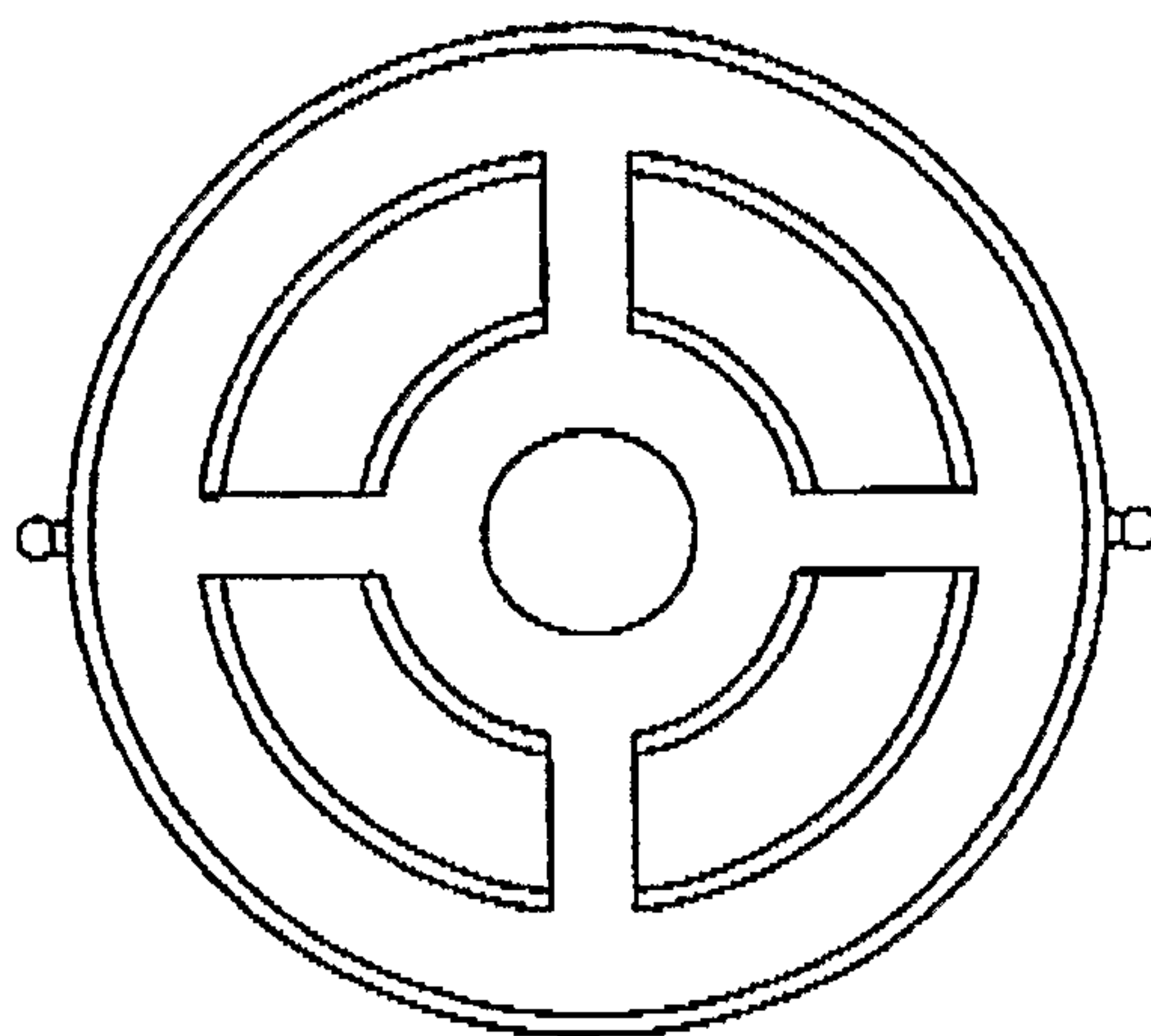
FEIG - 4B

Détail # 1

Plaque inférieur en
PVC perforéFEIG - 5



6/6



Vue 7-7

FEUILLE 7

