

(19)



(11)

**EP 2 732 074 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:  
**29.11.2017 Bulletin 2017/48**

(51) Int Cl.:  
**C25C 3/08 (2006.01) C25C 3/16 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **12748725.4**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/FR2012/000281**

(22) Date de dépôt: **10.07.2012**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 2013/007892 (17.01.2013 Gazette 2013/03)**

**(54) ALUMINERIE COMPRENANT DES CUVES A SORTIE CATHODIQUE PAR LE FOND DU CAISSON ET DES MOYENS DE STABILISATION DES CUVES**

ALUMINIUMSCHMELZER MIT ZELLEN MIT EINEM KATHODENAUSLASS DURCH DEN BODEN DES GEHÄUSES UND MITTEL ZUR STABILISIERUNG DER ZELLEN

ALUMINUM SMELTER INCLUDING CELLS HAVING A CATHODE OUTLET THROUGH THE BASE OF THE CASING, AND A MEANS FOR STABILIZING THE CELLS

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Etats d'extension désignés:  
**BA**

- **RENAUDIER, Steeve**  
F-73140 Saint Michel De Maurienne (FR)
- **BARDET Benoit**  
73300 Villargordran (FR)
- **DUVAL, Christian**  
38500 Coublevie (FR)

(30) Priorité: **12.07.2011 FR 1102199**

(74) Mandataire: **Malcoiffe, Julien**  
**Rio Tinto France SAS**  
**725, rue Aristide Bergès**  
**BP 25 Voreppe**  
**38341 Moirans Cedex (FR)**

(43) Date de publication de la demande:  
**21.05.2014 Bulletin 2014/21**

(73) Titulaire: **Rio Tinto Alcan International Limited**  
**Montréal, QC H3B 0E3 (CA)**

(56) Documents cités:  
**WO-A1-98/53120 WO-A1-2006/033578**  
**WO-A1-2008/033034 FR-A1- 2 469 475**  
**FR-A1- 2 868 436 US-A- 3 969 213**  
**US-A- 5 683 559 US-A1- 2008 041 718**

(72) Inventeurs:  
• **MARTIN, Olivier**  
**73300 Hermillon (FR)**

**EP 2 732 074 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

**[0001]** La présente invention concerne une usine de production d'aluminium à partir d'alumine par électrolyse, également appelée aluminerie.

**[0002]** Il est connu de produire l'aluminium industriellement à partir d'alumine par électrolyse selon le procédé de Hall-Héroult. A cet effet, on prévoit une cuve d'électrolyse composée notamment d'un caisson en acier, d'un revêtement intérieur réfractaire, et d'une cathode en matériau carboné, reliée à des conducteurs servant à l'acheminement du courant d'électrolyse. La cuve d'électrolyse contient également un bain électrolytique constitué notamment de cryolithe dans lequel est dissout de l'alumine. Le procédé de Hall-Héroult consiste à plonger partiellement un bloc carboné constituant l'anode dans ce bain électrolytique, l'anode étant consommée au fur et à mesure de l'état d'avancement de la réaction. Au fond de la cuve d'électrolyse se dépose par gravité l'aluminium liquide, produit par la réaction d'électrolyse, ce qui forme une nappe d'aluminium liquide qui recouvre intégralement la cathode.

**[0003]** Généralement, les usines de production d'aluminium comprennent plusieurs centaines de cuves d'électrolyse connectées en série dans des halls. Ces cuves d'électrolyse sont parcourues par un courant d'électrolyse de l'ordre de plusieurs centaines de milliers d'Ampères, ce qui crée des champs magnétiques importants. Suivant la distribution des différentes composantes du champ magnétique dans la cuve, la nappe d'aluminium peut être instable, ce qui dégrade fortement le rendement de la cuve. Il est connu notamment que la composante verticale du champ magnétique est un facteur déterminant pour la stabilité d'une cuve d'électrolyse.

**[0004]** Il est connu d'améliorer la stabilité des cuves d'électrolyse en minimisant la composante verticale du champ magnétique présente dans la cuve. Pour cela, on compense le champ magnétique vertical à l'échelle d'une cuve d'électrolyse grâce à une disposition particulière des conducteurs acheminant le courant d'électrolyse d'une cuve N à une cuve N+1. Une partie de ces conducteurs, généralement des barres en aluminium, contournent les extrémités de la cuve N. La figure 1 illustre schématiquement, vue de dessus, une cuve 100 d'électrolyse dans laquelle le champ magnétique est auto-compensé grâce à la disposition des conducteurs 101 reliant cette cuve N 100 à la cuve N+1 suivante 102 placée en aval. A cet effet, on remarque que des conducteurs 101 sont excentrés par rapport à la cuve 100 et la contournent. Une telle méthode d'autocompensation magnétique est notamment connue du document de brevet FR2469475.

**[0005]** Cependant, la méthode d'auto-compensation d'une cuve d'électrolyse impose beaucoup de contraintes de conception en raison de l'encombrement important dû à la disposition particulière des conducteurs. De plus, la longueur importante des conducteurs pour la mi-

se en oeuvre de cette solution génère de la perte électrique en ligne et nécessite beaucoup de matière (conducteurs en aluminium), d'où des coûts élevés en terme de consommation énergétique et à la fabrication.

**[0006]** Une autre cause d'instabilité des cuves d'électrolyse, en plus de la composante verticale du champ magnétique, est la présence de courants électriques horizontaux dans la nappe d'aluminium. La figure 2 montre une cuve 200 d'électrolyse appartenant à l'état de la technique, parcourue par un courant d'électrolyse  $I_{200}$ . La cuve 200 d'électrolyse présente une anode 201, un caisson 202 contenant notamment un bain électrolytique 203, une nappe d'aluminium liquide 204 et une cathode 205. Il est à noter que les courants horizontaux sont importants dans les milieux parcourus particulièrement conducteurs. C'est le cas notamment lorsque le courant d'électrolyse  $I_{200}$  parcourt la nappe d'aluminium liquide 204.

**[0007]** Aussi la présente invention a pour but de remédier en tout ou partie à ces inconvénients, en proposant une aluminerie dans laquelle la stabilité des liquides contenus dans les cuves d'électrolyse est améliorée, et présentant des coûts de conception, de fabrication et d'exploitation moindres.

**[0008]** A cet effet, la présente invention a pour objet une aluminerie comprenant :

(i) une série de cuves d'électrolyse, destinées à la production d'aluminium selon le procédé de Hall-Héroult, chaque cuve d'électrolyse comprenant au moins une anode, une cathode et un caisson muni d'une paroi latérale et d'un fond, chaque cathode comprenant au moins une sortie cathodique,

(ii) un circuit électrique principal parcouru par un courant d'électrolyse, reliant électriquement les cuves d'électrolyse les unes aux autres, le courant d'électrolyse parcourant en premier lieu une cuve d'électrolyse N, placée à l'amont, et en deuxième lieu une cuve d'électrolyse N+1, placée à l'aval, ledit circuit électrique principal comprenant un conducteur électrique relié à chaque sortie cathodique de la cuve d'électrolyse N, le conducteur électrique étant également relié à la au moins une anode de la cuve d'électrolyse N+1, en vue d'acheminer le courant d'électrolyse de la cuve d'électrolyse N à la cuve d'électrolyse N+1, caractérisée en ce que l'aluminerie comprend en outre

(iii) au moins un circuit électrique secondaire parcouru par un courant électrique, permettant de compenser le champ magnétique créé par le courant d'électrolyse, et en ce que une au moins parmi la ou les sorties cathodiques de

la cathode de la cuve d'électrolyse N traverse le fond du caisson, chaque conducteur électrique s'étendant depuis chaque sortie cathodique de la cuve d'électrolyse N en direction de la cuve d'électrolyse N+1 est parcouru lors du fonctionnement des cuves (2) d'électrolyse N, N+1 par le courant d'électrolyse ( $I_1$ ) dans un sens amont-aval uniquement.

**[0009]** Ainsi, l'invention permet d'améliorer la stabilité des cuves d'électrolyse dans l'aluminerie, en agissant à la fois sur les courants horizontaux traversant les cuves et sur le champ magnétique généré par le courant d'électrolyse et/ou la stabilité cinétique de la nappe d'aluminium contenu dans les cuves. Elle permet simultanément une réduction de l'encombrement et de la masse des conducteurs acheminant le courant d'électrolyse d'une cuve à une autre, et par conséquent une réduction des coûts associés à la conception et la fabrication de l'aluminerie selon l'invention. Les pertes d'énergies sont en outre réduites.

**[0010]** Selon une autre caractéristique de l'aluminerie selon l'invention, les cuves d'électrolyse sont alignées suivant un axe, et en ce que le conducteur électrique s'étend de manière sensiblement rectiligne et de manière sensiblement parallèle à l'axe d'alignement des cuves d'électrolyse.

**[0011]** Selon une autre caractéristique de l'aluminerie selon l'invention, chaque cathode comprend en outre au moins une sortie cathodique traversant la paroi latérale avale du caisson.

**[0012]** Cette caractéristique présente l'avantage de diminuer davantage l'encombrement et la masse des conducteurs électriques acheminant le courant d'électrolyse d'une cuve à une autre. Cette sortie cathodique traverse la paroi latérale du caisson de la cuve N au niveau de son côté aval, afin de respecter la caractéristique selon laquelle chaque conducteur électrique s'étend en direction de la cuve N+1, dans un sens amont-aval uniquement. Du fait de la proximité du côté aval de la cuve N et de la cuve N+1, la longueur du conducteur électrique reliant cette sortie cathodique à l'anode de la cuve N+1 est inférieure à celle d'un conducteur électrique reliant une sortie cathodique par le fond de la cuve N à l'anode de la cuve N+1. Ainsi, ce mode de réalisation présente l'avantage d'une diminution de l'encombrement et de la longueur des conducteurs électriques par rapport à un mode de réalisation de l'aluminerie selon l'invention dans lequel les cuves comportent des sorties cathodiques par le fond uniquement.

**[0013]** Préférentiellement, chaque sortie cathodique aval traversant la paroi latérale du caisson de la cuve d'électrolyse N comprend une barre métallique, plus particulièrement formée d'acier, avec un insert ou une plaque en cuivre.

**[0014]** Cela permet d'équilibrer la tension au niveau de la sortie cathodique traversant le fond du caisson par rapport à celle au niveau de la sortie cathodique traver-

sant la paroi latérale du caisson.

**[0015]** De manière avantageuse, le caisson de la cuve d'électrolyse N comprend plusieurs arceaux fixés à la paroi latérale et au fond du caisson, les conducteurs électriques reliés à chaque sortie cathodique traversant le fond du caisson de la cuve d'électrolyse N s'étendant entre les arceaux.

**[0016]** Cette caractéristique présente l'avantage de diminuer l'encombrement des conducteurs électriques acheminant le courant d'électrolyse d'une cuve à une autre.

**[0017]** Avantageusement, les cuves d'électrolyse comprennent des moyens de court-circuitage.

**[0018]** Les moyens de court-circuitage permettent de court-circuiter une cuve d'électrolyse en vue de la retirer pour des opérations de maintenance, tout en continuant l'exploitation des autres cuves de la série.

**[0019]** Avantageusement, les moyens de court-circuitage de la cuve d'électrolyse N+1 comprennent au moins un conducteur électrique de court-circuitage placé à demeure entre la cuve d'électrolyse N et la cuve d'électrolyse N+1, chaque conducteur électrique de court-circuitage étant relié électriquement à un des conducteurs électriques relié à une sortie cathodique de la cuve traversant le fond du caisson de la cuve d'électrolyse N+1, et chaque conducteur électrique de court-circuitage étant situé à une faible distance d'un des conducteurs électriques relié à une des sorties cathodiques de la cuve d'électrolyse N.

**[0020]** Selon une autre caractéristique de l'aluminerie selon l'invention, les moyens de court-circuitage de la cuve d'électrolyse N+1 comprennent au moins un conducteur électrique de court-circuitage placé à demeure entre la cuve d'électrolyse N et la cuve d'électrolyse N+1, chaque conducteur électrique de court-circuitage étant relié électriquement à un des conducteurs électriques relié à une sortie cathodique de la cuve traversant le fond du caisson de la cuve d'électrolyse N, et chaque conducteur électrique de court-circuitage étant situé à une faible distance d'un des conducteurs électriques relié à une des sorties cathodiques de la cuve d'électrolyse N+1.

**[0021]** La faible distance entre le conducteur de court-circuitage et l'autre conducteur forme des emplacements pour l'introduction de cales de court-circuitage. Ces cales de court-circuitage peuvent être introduite par le dessus ou par le dessous dans le deuxième cas.

**[0022]** Préférentiellement, au moins un circuit électrique secondaire comprend des conducteurs électriques longeant le côté droit et/ou le côté gauche des cuves d'électrolyse d'au moins une file de cuves d'électrolyse.

**[0023]** De manière avantageuse, le au moins un circuit électrique secondaire comprend des conducteurs électriques s'étendant le long d'au moins une file de cuves d'électrolyse, sous lesdites cuves d'électrolyse.

**[0024]** De manière avantageuse, les conducteurs électriques du au moins un circuit électrique secondaire sont en matériau supraconducteur. Cela permet de diminuer la chute de tension à laquelle chaque circuit se-

concomitant est soumis, ce qui permet des économies d'énergie et d'utiliser une sous-station d'alimentation de chaque circuit électrique secondaire de puissance plus faible, donc moins coûteuse. Cette caractéristique permet également de réduire les coûts de matière, par rapport à des conducteurs en aluminium ou en cuivre. Elle permet enfin de diminuer la taille des conducteurs électriques, ce qui se traduit par un gain de place dans l'aluminerie.

**[0025]** Selon une autre caractéristique de l'aluminerie selon l'invention, le conducteur électrique du au moins un circuit électrique secondaire longe au moins deux fois les cuves d'électrolyse de la ou des files.

**[0026]** Cette caractéristique offre la possibilité de diminuer l'intensité du courant parcourant ce circuit secondaire en vue de réaliser des économies d'énergie.

**[0027]** L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description détaillée qui est exposée ci-dessous en regard des dessins annexés dans lesquels :

- La figure 1 est une vue schématique de dessus d'une cuve d'électrolyse de l'état de la technique,
- La figure 2 est une vue schématique d'une cuve d'électrolyse appartenant à l'état de la technique,
- La figure 3 est une vue schématique de dessus d'une aluminerie selon un mode particulier de réalisation de la présente invention,
- La figure 4 est une vue schématique d'une cuve N et d'une cuve N+1 d'une aluminerie selon un mode particulier de réalisation de l'invention,
- Les figures 5 et 6 sont des vues en coupe selon respectivement les lignes I-I et II-II de la figure 4,
- La figure 7 est une vue schématique d'une cuve d'électrolyse selon le mode de réalisation de la figure 4,
- La figure 8 est une vue schématique de dessus de la cuve N et de la cuve N+1 d'une aluminerie selon le mode particulier de réalisation de la figure 4,
- La figure 9 est une vue en coupe selon la ligne III-III de la figure 8,
- La figure 10 est une vue schématique d'une cuve N et d'une cuve N+1 d'une aluminerie selon un autre mode particulier de réalisation de l'invention,
- Les figures 11 et 12 sont des vues en coupe selon respectivement les lignes IV-IV et V-V de la figure 10,
- La figure 13 est une vue schématique de dessus de la cuve N et de la cuve N+1 d'une aluminerie selon le deuxième mode particulier de réalisation de l'in-

vention,

- La figure 14 est une vue en coupe selon la ligne VI-VI de la figure 13
- Les figures 15 et 16 sont des vues schématiques de dessus d'une aluminerie 1 selon des modes particuliers de réalisation de l'invention,
- Les figures 17, 18 et 19 sont des vues schématiques de profil de cathodes crénelées pouvant équiper une cuve d'une aluminerie,
- La figure 20 est une vue schématique de face d'un bloc cathodique crénelé pouvant équiper une cuve d'une aluminerie,
- La figure 21 est une vue schématique de dessus d'un bloc cathodique crénelé pouvant équiper une cuve d'une aluminerie.

**[0028]** La figure 3 montre une aluminerie 1 comprenant une pluralité de cuves 2 d'électrolyse. Les cuves 2 d'électrolyse peuvent être par exemple rectangulaires. Elles présentent alors deux grands côtés 2a correspondant à leur longueur et deux petits côtés 2b correspondant à leur largeur.

**[0029]** Les petits côtés 2b de chaque cuve 2 peuvent être divisés en un côté gauche et un côté droit. Côté gauche et côté droit sont définis par rapport à un observateur placé au niveau du circuit électrique principal 4 et regardant dans le sens global d'acheminement du courant d'électrolyse  $I_1$ .

**[0030]** Les grands côtés 2a de chaque cuve 2 peuvent être divisés en un côté amont et un côté aval. Le côté amont correspond au grand côté 2a d'une cuve 2 adjacent à la cuve 2 précédente, c'est-à-dire celle parcourue d'abord par le courant d'électrolyse  $I_1$ . Le côté aval correspond au grand côté 2a d'une cuve 2 adjacent à la cuve 2 suivante, c'est-à-dire celle parcourue ensuite par le courant d'électrolyse  $I_1$ . D'une manière plus générale, amont et aval sont définis par rapport au sens global de circulation du courant d'électrolyse  $I_1$ .

**[0031]** Dans l'exemple de la figure 3, les cuves 2 sont alignées suivant deux axes parallèles, de manière à former une file F et une file F'. Chaque file F, F' peut comporter par exemple une centaine de cuves 2. Les files F et F' sont connectées électriquement en série l'une à l'autre. Les cuves 2 sont reliées électriquement en série les unes aux autres. Une série de cuves 2, pouvant contenir plusieurs files F, F', est reliée à ses extrémités à une sous-station d'alimentation 3. Le courant d'électrolyse  $I_1$  parcourt les cuves 2 les unes après les autres, définissant un circuit électrique principal 4.

**[0032]** Dans le mode de réalisation de la figure 3, les cuves 2 d'électrolyse sont agencées de sorte que leurs grands côtés 2a soient perpendiculaires à leur axe d'alignement.

**[0033]** Comme cela est visible sur la figure 3, l'aluminerie 1 comprend deux circuits électriques secondaires 5 et 6 distincts du circuit électrique principal 4.

**[0034]** Les circuits électriques secondaires 5 et 6 sont respectivement parcourus par des courants électriques  $I_2$  et  $I_3$ . La valeur de l'intensité des courants électriques  $I_2$  et  $I_3$ , est comprise entre 20% et 100% de celle de l'intensité du courant d'électrolyse  $I_1$  et de préférence entre 40% et 70%, et plus particulièrement encore de l'ordre de la moitié. Le sens d'acheminement des courants électriques  $I_2$  et  $I_3$  est avantageusement le même que le sens d'acheminement du courant d'électrolyse  $I_1$ . Les circuits électriques secondaires 5 et 6 peuvent chacun être reliés à une sous-station d'alimentation respective 20 et 21, distincte de la sous-station d'alimentation 3, comme cela est visible par exemple sur la figure 15 ou sur la figure 16.

**[0035]** Les circuits électriques secondaires 5 et 6 sont formés par des conducteurs électriques disposés parallèlement aux axes d'alignement des cuves 2. Ils longent les côtés droits et gauches des cuves 2 d'électrolyse de chaque file F, F' de la série. Les circuits électriques secondaires 5 et 6 peuvent également passer en tout ou partie sous les cuves 2 d'électrolyse.

**[0036]** Afin de stabiliser les liquides contenus dans les cuves 2 d'électrolyse, il est possible d'utiliser, de manière alternative ou complémentaire à l'utilisation des circuits électriques secondaires 5 et 6, un ou plusieurs blocs cathodiques 8 présentant une face supérieure crénelée, comme cela est visible sur les figures 17 à 21. La face supérieure de ces blocs cathodiques 8 comprend au moins un canal 8a s'étendant longitudinalement sur une partie au moins de la longueur des blocs cathodiques 8. En fonctionnement, la surface supérieure des créneaux est recouverte par la nappe d'aluminium et les canaux 8a sont donc occupés par la nappe 11 d'aluminium qui se forme au cours de la réaction d'électrolyse. La hauteur de la nappe d'aluminium au dessus de la surface supérieure des créneaux est notamment comprise entre 3 et 20 cm. Ainsi, les créneaux et canaux 8a permettent de limiter les mouvements de la nappe 11 d'aluminium pendant la réaction d'électrolyse et contribuent ainsi à la stabilité et à un meilleur rendement des cuves 2 d'électrolyse.

**[0037]** Chaque cuve 2 d'électrolyse peut contenir une pluralité de blocs cathodiques 8 placés les uns à côté des autres. Au lieu de canaux 8a sur la face supérieure d'une ou plusieurs de ces blocs cathodiques 8, il est possible de prévoir une face supérieure inclinée, de sorte que les blocs cathodiques 8 placés les uns à côté des autres forment des canaux 8b, comme cela est représenté schématiquement sur la figure 19.

**[0038]** De tels blocs cathodiques à face supérieure crénelée sont notamment connus du document de brevet US5683559.

**[0039]** La face supérieure de ces blocs cathodiques 8 pourvus de canaux 8a longitudinaux peut également comporter un canal central 8c transversal, s'étendant au

moins partiellement sur la largeur des blocs cathodiques 8. Le canal central 8c croise ainsi le ou les canaux 8a s'étendant au moins partiellement sur la longueur des blocs cathodiques 8. Dans l'exemple des figures 20 et 21, le bloc cathodique 8 comprend sur sa face supérieure un canal central 8c disposé perpendiculairement aux canaux 8a s'étendant de manière sensiblement parallèle à la longueur du bloc cathodique 8.

**[0040]** Classiquement, comme cela est visible sur la figure 4, une cuve 2 d'électrolyse comprend un caisson 7 métallique, par exemple en acier. Le caisson 7 métallique présente une paroi latérale 7a et un fond 7b. Il est garni intérieurement par des matériaux réfractaires (non visibles). La cuve 2 d'électrolyse comporte également une cathode formée de blocs cathodiques 8 en matériau carboné et des anodes 9 en matériau carboné également. Les anodes 9 sont destinées à être consommées au fur et à mesure de la réaction d'électrolyse dans un bain électrolytique 13 comportant notamment de la cryolithe et de l'alumine. Les anodes 9 sont reliées à une structure porteuse par des tiges 10. Au cours de la réaction d'électrolyse, une nappe 11 d'aluminium liquide se forme. La cathode comprend des sorties cathodiques 12 traversant le caisson 7. Les sorties cathodiques 12 sont formées par exemple par des barres métalliques fixées sur les blocs cathodiques 8. Les sorties cathodiques 12 sont elles-mêmes reliées à des conducteurs électriques 14 permettant d'acheminer le courant d'électrolyse  $I_1$  depuis les sorties cathodiques 12 d'une cuve N (celle de gauche sur la figure 4) vers les anodes 9 d'une cuve N+1 (celle de droite sur la figure 4).

**[0041]** Le courant d'électrolyse  $I_1$  traverse d'abord l'anode 9 de la cuve N, puis le bain électrolytique 13, la nappe 11 d'aluminium liquide, la cathode, les sorties cathodiques 12 et les conducteurs électriques 14 qui l'acheminent ensuite vers l'anode 9 de la cuve suivante N+1.

**[0042]** Comme cela est représenté à la figure 4, qui illustre un mode particulier de réalisation de la présente invention, les sorties cathodiques 12 traversent avantageusement le fond 7b du caisson 7. Cela permet de réduire les courants électriques horizontaux en vue d'améliorer le rendement des cuves 2. En effet, pour une même masse d'acier utilisée pour la partie horizontale sous les anodes de la sortie cathodique, la densité de courant globale est diminuée et donc la chute de potentiel. Aussi, les lignes de courant tendent à s'étendre de façon sensiblement rectiligne, et donc verticalement dans la nappe d'aluminium comme naturellement entre les anodes et les conducteurs électriques. La figure 7 montre à cet effet les lignes de courant parcourant une cuve 2 d'électrolyse. On remarque que les courants électriques horizontaux, en particulier dans la nappe 11 d'aluminium liquide, sont sensiblement réduits par rapport à ceux de la figure 2.

**[0043]** Un autre point remarquable est que les conducteurs électriques 14 s'étendent de manière rectiligne et parallèle à l'axe d'alignement des cuves 2 d'électrolyse depuis les sorties cathodiques 12 de la cuve N en direction de la cuve N+1 de sorte à être parcouru lors du fonc-

tionnement des cuves 2 d'électrolyse N, N+1 par le courant d'électrolyse uniquement dans un sens amont-aval. Le sens amont-aval correspond au sens global de circulation du courant d'électrolyse  $I_1$ . Ainsi, un observateur placé au niveau d'une cuve 2 d'électrolyse N et se déplaçant dans le sens amont-aval ne peut que se diriger que vers la cuve N+1. En particulier, pour atteindre la cuve N+1, cet observateur ne peut rebrousser chemin, même partiellement, en direction de la cuve N-1.

**[0044]** De plus, les conducteurs électriques 14 reliés aux sorties cathodiques 12 traversant le fond 7b du caisson 7 ne s'étendent pas sous la totalité de la largeur du caisson 7 de la cuve N; il n'y a aucune traversée complète d'une cuve 2 d'électrolyse sous son caisson 7 ou sur les côtés du caisson par un conducteur électrique 14. En particulier, ils ne traversent pas le plan contenant la paroi latérale amont du caisson 7 de la cuve N.

**[0045]** L'extension rectiligne uniquement vers l'aval parallèlement à l'axe d'alignement des cuves 2 d'électrolyse constitue le trajet électrique le plus court pouvant relier une sortie cathodique de la cuve N, traversant le fond 7b du caisson 7 de cette cuve N, jusqu'à l'anode 9 de la cuve N+1 suivante. En effet, comme cela a été précédemment mentionné, le courant d'électrolyse  $I_1$  parcourant la cuve N traverse les sorties cathodiques 12 puis les conducteurs électriques 14 reliés aux sorties cathodiques 12. Le courant d'électrolyse  $I_1$  en parcourant les conducteurs électriques 14 est acheminé en ligne droite parallèlement à l'axe d'alignement des cuves 2 en direction de la cuve N+1 suivante. Cela permet notamment de faire des économies d'énergie.

**[0046]** De plus, cette disposition permet de limiter l'encombrement à proximité des cuves 2 d'électrolyse. Il devient alors possible de réduire l'entraxe séparant deux cuves 2 adjacentes afin d'augmenter la place disponible dans l'aluminerie 1, par exemple pour ajouter des cuves 2 d'électrolyse supplémentaires ou diminuer la taille des bâtiments.

**[0047]** En outre, le fait d'utiliser des conducteurs électriques 14 s'étendant de manière rectiligne d'une cuve à l'autre parallèlement à l'axe d'alignement des cuves 2 simplifie la structure de ces conducteurs électriques 14. Leur modularité rend leur fabrication plus économique.

**[0048]** Il est à noter que cette disposition particulière est rendue possible notamment par l'existence du premier circuit électrique secondaire 5 et du deuxième circuit électrique secondaire 6 qui compensent les effets du champ magnétique créé par le courant d'électrolyse  $I_1$ , ou celle de la cathode à face supérieure crénelée qui stabilise les mouvements de la nappe 11 d'aluminium liquide. Il n'est en effet pas nécessaire de configurer les conducteurs électriques 14 de manière à obtenir une auto-compensation des effets de ce champ magnétique à l'échelle de chaque cuve 2 d'électrolyse.

**[0049]** Les figures 5 et 6 montrent une vue en coupe d'une cuve 2 d'électrolyse selon un mode de réalisation de l'invention, respectivement selon la ligne I-I et la ligne II-II de la figure 4. Il est possible de voir que le caisson

7 d'une cuve 2 est soutenu par une pluralité d'arceaux 15. Les arceaux 15 sont disposés autour du caisson 7. Les arceaux 15 sont fixés contre la paroi latérale 7a et le fond 7b du caisson 7. Ils sont disposés parallèlement les uns par rapport aux autres. Un espace, délimité entre deux arceaux 15 consécutifs, est avantageusement occupé par les conducteurs électriques 14. On remarquera que les conducteurs électriques 14 peuvent raccorder les sorties cathodiques 12 par paires.

**[0050]** La figure 8 montre schématiquement le dessus d'une cuve N (à gauche sur la figure 8), placée en amont, et d'une cuve N+1 (à droite sur la figure 8), placée en aval, selon le mode de réalisation de la figure 4. La figure 9 montre une vue en coupe selon la ligne III-III de la figure 8. Les circuits électriques secondaires 5 et 6, disposés parallèlement aux petits côtés 2b des cuves 2 d'électrolyse, sont visibles. On remarquera également sous le caisson 7, les conducteurs électriques 14 qui s'étendent en ligne droite en direction de la cuve N+1. On remarquera également les arceaux 15 fixés sur la paroi latérale 7b du caisson 7 de la cuve N et entre lesquels s'étendent les conducteurs électriques 14. Les sorties cathodiques 12 peuvent être alignées selon un axe parallèle aux grands côtés 2a de la cuve 2 d'électrolyse, comme cela est visible en pointillés sur la figure 8.

**[0051]** La figure 10 illustre de façon schématique un autre mode particulier de réalisation d'une aluminerie 1 selon la présente invention. Les figures 11 et 12 montrent une vue en coupe respectivement selon les lignes IV-IV et V-V de la figure 10. Dans ce mode de réalisation, les cuves 2 d'électrolyse présentent des premières sorties cathodiques 12 traversant le fond 7b du caisson 7, tandis que des deuxièmes sorties cathodiques 12, situées à l'aval des premières sorties cathodiques 12, traversent la paroi latérale 7a aval du caisson 7. Les cuves 2 d'électrolyse de l'aluminerie 1 selon ce deuxième mode de réalisation présentent ainsi des sorties cathodiques 12 « mixtes », car traversant le fond 7b et la paroi latérale 7a.

**[0052]** Cette disposition permet de faire davantage d'économies de matière, en raison de la diminution de la longueur, donc de la masse, des conducteurs électriques 14.

**[0053]** Avantageusement, les deuxièmes sorties cathodiques 12 traversant la paroi latérale 7a peuvent comporter un élément en un matériau meilleur conducteur électrique que l'acier, notamment en cuivre, sous la forme par exemple d'une plaque 16 ou d'un insert. La plaque 16 en cuivre disposée sur une barre en acier permet, par sa conductivité électrique élevée, de rééquilibrer les tensions au niveau des premières sorties cathodiques 12, traversant le fond 7b, et les deuxièmes sorties cathodiques 12, traversant la paroi latérale 7a, et de limiter ainsi les courants électriques horizontaux dans la nappe d'aluminium.

**[0054]** La figure 13 montre de façon schématique le dessus d'une cuve N, placée en amont (celle de gauche sur la figure 13), et d'une cuve N+1, placée en aval (celle de droite sur la figure 13), d'une aluminerie 1 selon le

mode de réalisation présenté à la figure 10. La figure 14 est une vue en coupe selon la ligne VI-VI de la figure 13. Comme dans le mode de réalisation présenté à la figure 4, les conducteurs électriques 14 s'étendent entre les arceaux 15. De plus, ils s'étendent de manière rectiligne et sont parcourus lors du fonctionnement des cuves 2 d'électrolyse N, N+1 par le courant d'électrolyse uniquement en direction de la cuve N+1 située en aval de la cuve N, depuis les sorties cathodiques 12 traversant le fond 7b du caisson de la cuve N, afin de permettre l'acheminement du courant d'électrolyse  $I_1$  des sorties cathodiques 12 de la cuve N vers l'anode 9 de la cuve N+1.

**[0055]** Comme dans le mode de réalisation présenté à la figure 4, les circuits électriques secondaires 5 et 6 sont parallèles à l'axe d'alignement des cuves 2.

**[0056]** L'aluminerie 1 peut aussi comprendre avantageusement des moyens de court-circuitage de chaque cuve 2. Ces moyens de court-circuitage peuvent comprendre des conducteurs électriques 17 de court-circuitage, visibles sur les figures 4, 8, 10 et 13. Les conducteurs électriques 17 de court-circuitage sont disposés entre deux cuves 2 d'électrolyse successives. Sur les figures 4, 8, 10 et 13, les conducteurs électriques 17 sont placés au contact des conducteurs électriques 14 reliés aux sorties cathodiques 12 traversant le fond 7b du caisson 7 de la cuve N+1, et à distance des conducteurs électriques 14 reliés aux sorties cathodiques 12 de la cuve N, de telle manière qu'un court espace sépare les conducteurs électriques 17 de court-circuitage des conducteurs électriques 14 reliés aux sorties cathodiques 12 de la cuve N, comme cela est notamment visible sur la figure 10.

**[0057]** Les conducteurs électriques 17 de court-circuitage sont destinés à court-circuiter une cuve N+1, par exemple pour enlever cette dernière pour des opérations de maintenance. La distance entre les conducteurs électriques 17 de court-circuitage et les conducteurs électriques 14 reliés aux sorties cathodiques 12 de la cuve N est alors comblée par une cale en un élément conducteur (non représenté) de manière à conduire le courant d'électrolyse  $I_1$  de la cuve N à la cuve N+2 via cette cale, les conducteurs électriques 17 de court-circuitage et les conducteurs électriques 14 normalement disposés sous la cuve N+1 (c'est-à-dire les conducteurs électriques 14 reliés aux sorties cathodiques 12 traversant le fond 7b du caisson 7 de la cuve N+1 lorsque celle-ci est en place).

**[0058]** Il est également possible de prévoir des conducteurs électriques 17 de court-circuitage placés au contact des conducteurs électriques 14 reliés aux sorties cathodiques 12 de la cuve N et à distance des conducteurs électriques 14 reliés aux sorties cathodiques 12 de la cuve N+1 traversant le fond 7a du caisson 7.

**[0059]** Les conducteurs électriques 17 de court-circuitage peuvent être en aluminium. Etant donné qu'ils ne sont parcourus qu'occasionnellement lors de court-circuitage par le courant d'électrolyse  $I_1$  (pour des opérations de maintenance d'une cuve 2, soit à intervalles de plusieurs années), ils peuvent être dimensionnés pour

travailler à la plus haute densité de courant admissible, ce qui permet de limiter leur masse.

**[0060]** Enfin, il est à noter que, de manière avantageuse, les conducteurs électriques formant les circuits électriques secondaires 5 et/ou 6 peuvent être en matériau supraconducteur.

**[0061]** Ces matériaux supraconducteurs peuvent par exemple comporter du BiSrCaCuO, du YBaCuO, des matériaux connus des demandes de brevet WO2008011184, US20090247412 ou encore d'autres matériaux connus pour leurs propriétés supraconductrices.

**[0062]** Les matériaux supraconducteurs sont utilisés pour transporter du courant avec peu ou pas de perte par génération de chaleur par effet Joule, car leur résistivité est nulle lorsqu'ils sont maintenus en-dessous de leur température critique.

**[0063]** A titre d'exemple, un câble supraconducteur comprend une âme centrale en cuivre ou en aluminium, des rubans ou des fibres en matériau supraconducteur, et une enveloppe cryogénique. L'enveloppe cryogénique peut être formée par une gaine contenant un fluide de refroidissement, par exemple de l'azote liquide. Le fluide de refroidissement permet de maintenir la température des matériaux supraconducteurs à une température inférieure à leur température critique, par exemple inférieure à 100 K (Kelvin), ou comprise entre 4 K et 80 K.

**[0064]** L'utilisation de conducteurs électriques en matériau supraconducteur pour former les circuits électriques secondaires 5 et 6 est particulièrement intéressante du fait de leur longueur, de l'ordre de deux kilomètres. L'utilisation de conducteurs électriques en matériau supraconducteur nécessite une tension moindre par rapport à celle nécessitée par des conducteurs électriques en aluminium ou en cuivre. Ainsi, il est possible de diminuer la tension de 30 V à 1 V. Cela représente une réduction de la consommation d'énergie de l'ordre de 75 % à 99 % par rapport à des conducteurs électriques en aluminium. De plus, le coût des sous-stations d'alimentation 20 et 21, respectivement du circuit électrique secondaire 5 et du circuit électrique secondaire 6, est réduit en conséquence.

**[0065]** Les conducteurs électriques des circuits électriques secondaires 5 et 6 peuvent longer avantageusement au moins deux fois une file F de cuves 2 d'électrolyse.

**[0066]** Le faible encombrement des conducteurs électriques en matériau supraconducteur par rapport à des conducteurs électriques en aluminium ou en cuivre (section jusqu'à 150 fois plus faible que la section d'un conducteur en cuivre pour une intensité égale, et davantage encore par rapport à un conducteur en aluminium) facilite en effet la réalisation de plusieurs tours en série dans les boucles formées par les circuits électriques secondaires 5 et 6.

**[0067]** De plus, il est possible de contenir le conducteur électrique d'un circuit à l'intérieur d'une unique gaine de refroidissement quelque soit le nombre de tours réalisés

par ce même conducteur. A un endroit donné, la gaine peut donc contenir plusieurs passages du même conducteur électrique en matériau supraconducteur.

**[0068]** Le fait que la boucle formée par les circuits électriques secondaires 5 et 6 comprennent plusieurs tours en série permet de diviser (autant de fois que le nombre de tours réalisés) l'intensité du courant électrique  $I_2$ ,  $I_3$  traversant respectivement le circuit électrique secondaire 5 et le circuit électrique secondaire 6. La réduction de la valeur de cette intensité permet de diminuer les pertes d'énergie par effet Joule au niveau des jonctions entre les conducteurs électriques en matériau supraconducteur et les pôles des sous-stations d'alimentation. La diminution de l'intensité globale avec des conducteurs électriques en matériau supraconducteur permet de diminuer la taille des sous-stations d'alimentation 20 et 21. Par exemple, la sous-station d'alimentation 20 ou 21 du circuit électrique secondaire 5 ou du circuit électrique secondaire 6 comprenant un conducteur électrique en matériau supraconducteur peut délivrer un courant d'intensité de l'ordre de 5 kA à 40 kA. Cela permet ainsi d'utiliser des équipements couramment vendus dans le commerce et donc peu onéreux.

**[0069]** Il est à noter que les conducteurs électriques en matériau supraconducteur peuvent être disposés sous les cuves 2 d'électrolyse.

**[0070]** Ainsi, l'aluminerie 1 selon l'invention présente un ensemble de caractéristiques dont la combinaison concourt par un effet de synergie à la réduction des coûts de conception, fabrication et d'exploitation de cette aluminerie 1, et l'augmentation de son rendement.

**[0071]** Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits ci-dessus, ces modes de réalisation n'ayant été donnés qu'à titre d'exemples. Des modifications restent possibles, notamment du point de vue de la constitution des divers éléments ou par la substitution d'équivalents techniques, sans pour autant sortir du domaine de protection de l'invention conféré par l'objet des revendications.

## Revendications

### 1. Aluminerie (1) comprenant :

- (i) une série de cuves (2) d'électrolyse, destinées à la production d'aluminium selon le procédé de Hall-Héroult, chaque cuve (2) d'électrolyse comprenant au moins une anode (9), une cathode (8) et un caisson (7) muni d'une paroi latérale (7a) et d'un fond (7b), chaque cathode (8) comprenant au moins une sortie cathodique (12),
- (ii) un circuit électrique principal (4) parcouru par un courant d'électrolyse ( $I_1$ ), reliant électriquement les cuves (2) d'électrolyse les unes aux autres, le courant d'électrolyse ( $I_1$ ) parcourant en pre-

mier lieu une cuve (2) d'électrolyse N, placée à l'amont, et en deuxième lieu une cuve (2) d'électrolyse N+1, placée à l'aval,

ledit circuit électrique principal (4) comprenant un conducteur électrique (14) relié à chaque sortie cathodique (12) de la cuve (2) d'électrolyse N, le conducteur électrique (14) étant également relié à la au moins une anode (9) de la cuve (2) d'électrolyse N+1, en vue d'acheminer le courant d'électrolyse ( $I_1$ ) de la cuve (2) d'électrolyse N à la cuve (2) d'électrolyse N+1,

**caractérisée en ce que** l'aluminerie (1) comprend en outre

(iii) au moins un circuit électrique secondaire (5, 6) parcouru par un courant électrique ( $I_2$ ,  $I_3$ ), permettant de compenser le champ magnétique créé par le courant d'électrolyse ( $I_1$ ),

**et en ce que**

une au moins parmi la ou les sorties cathodiques (12) de la cathode (8) de la cuve (2) d'électrolyse N traverse le fond (7b) du caisson (7),

chaque conducteur électrique (14) s'étendant depuis chaque sortie cathodique (12) de la cuve (2) d'électrolyse N en direction de la cuve (2) d'électrolyse N+1 est parcouru lors du fonctionnement des cuves (2) d'électrolyse N, N+1 par le courant d'électrolyse ( $I_1$ ) dans un sens amont-aval uniquement.

2. Aluminerie (1) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les cuves (2) d'électrolyse sont alignées suivant un axe, et **en ce que** le conducteur électrique (14) s'étend de manière sensiblement rectiligne et de manière sensiblement parallèle à l'axe d'alignement des cuves (2) d'électrolyse.

3. Aluminerie (1) selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisée en ce que** chaque cathode (8) comprend en outre au moins une sortie cathodique (12) traversant la paroi latérale (7a) aval du caisson (7).

4. Aluminerie (1) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** chaque sortie cathodique aval (12) traversant la paroi latérale (7a) du caisson (7) de la cuve (2) d'électrolyse N comprend une barre métallique, plus particulièrement formée d'acier, avec un insert ou une plaque (16) en cuivre.

5. Aluminerie (1) selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** le caisson (7) de la cuve (2) d'électrolyse N comprend plusieurs arceaux (15) fixés à la paroi latérale (7a) et au fond (7b) du caisson (7), les conducteurs électriques (14) reliés à chaque sortie cathodique (12) traversant le fond (7b) du caisson (7) de la cuve (2) d'électrolyse N s'étendant entre les arceaux (15).

6. Aluminerie (1) selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** les cuves (2) d'électrolyse comprennent des moyens de court-circuitage.
7. Aluminerie (1) selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** les moyens de court-circuitage de la cuve (2) d'électrolyse N+1 comprennent au moins un conducteur électrique (17) de court-circuitage placé à demeure entre la cuve (2) d'électrolyse N et la cuve (2) d'électrolyse N+1, chaque conducteur électrique (17) de court-circuitage étant relié électriquement à un des conducteurs électriques (14) relié à une sortie cathodique (12) de la cuve (2) traversant le fond (7b) du caisson (7) de la cuve (2) d'électrolyse N+1, et chaque conducteur électrique (17) de court-circuitage étant situé à une faible distance d'un des conducteurs électriques (14) relié à une des sorties cathodiques (12) de la cuve (2) d'électrolyse N.
8. Aluminerie (1) selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** les moyens de court-circuitage de la cuve (2) d'électrolyse N+1 comprennent au moins un conducteur électrique (17) de court-circuitage placé à demeure entre la cuve (2) d'électrolyse N et la cuve (2) d'électrolyse N+1, chaque conducteur électrique (17) de court-circuitage étant relié électriquement à un des conducteurs électriques (14) relié à une sortie cathodique (12) de la cuve (2) traversant le fond (7b) du caisson (7) de la cuve (2) d'électrolyse N, et chaque conducteur électrique (17) de court-circuitage étant situé à une faible distance d'un des conducteurs électriques (14) relié à une des sorties cathodiques (12) de la cuve (2) d'électrolyse N+1.
9. Aluminerie (1) selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisée en ce que** le au moins un circuit électrique secondaire (5, 6) comprend des conducteurs électriques longeant le côté droit et/ou le côté gauche des cuves (2) d'électrolyse d'au moins une file (F, F') de cuves (2) d'électrolyse.
10. Aluminerie (1) selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisée en ce que** le au moins un circuit électrique secondaire (5, 6) comprend des conducteurs électriques s'étendant le long d'au moins une file (F, F') de cuves (2) d'électrolyse, sous lesdites cuves (2) d'électrolyse.
11. Aluminerie (1) selon l'une des revendications 9 à 10, **caractérisée en ce que** les conducteurs électriques du au moins un circuit électrique secondaire (5, 6) sont en matériau supraconducteur.
12. Aluminerie (1) selon la revendication 11, **caractérisée en ce que** le conducteur électrique du au moins un circuit électrique secondaire (5, 6) longe au moins deux fois les cuves (2) d'électrolyse de la ou des files (F, F').

## Patentansprüche

1. Aluminiumschmelzanlage (1) bestehend aus:

- 5 (i) einer Reihe Elektrolysezellen (2) für die Produktion von Aluminium nach dem Hall-Heroult-Verfahren, wobei jede Zelle (2) aus mindestens einer Anode (9), einer Kathode (8) und einer Kammer (7) mit Seitenwand (7a) und Boden (7b) besteht und jede Kathode (8) mindestens einen Kathodenausgang (12) hat,
- 10 (ii) einem Hauptstromkreis (4), durch den Elektrolysestrom ( $I_1$ ) fließt, der die Zellen (2) elektrisch verbindet, wobei der Elektrolysestrom ( $I_1$ ) zuerst durch eine vorgelagerte Zelle N (2) und dann durch eine nachgelagerte Zelle N+1 (2) fließt, wobei dieser Hauptstromkreis (4) einen elektrischen Leiter (14) hat, der mit jedem Kathodenausgang (12) der Zelle N (2) verbunden ist, wobei der elektrische Leiter (14) auch mit mindestens einer Anode (9) der Zelle N+1 (2) verbunden ist, um den Elektrolysestrom ( $I_1$ ) von der Zelle N (2) zur Zelle N+1 (2) zu leiten, ist **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aluminiumschmelzanlage (1) außerdem
- 15 (iii) mindestens einen Nebenstromkreis (5, 6) hat, der von einem elektrischen Strom ( $I_2, I_3$ ) durchflossen wird und somit das durch den Elektrolysestrom ( $I_1$ ) erzeugte magnetische Feld kompensiert, und dadurch, dass mindestens einer der Kathodenausgänge (12) der Kathode (8) der Zelle N (2) durch den Boden (7b) der Kammer (7) geführt wird, wobei jeder elektrische Leiter (14) von jedem Kathodenausgang (12) der Zelle N (2) in Richtung der Zelle N+1 (2) verläuft und während des Betriebs der Zellen N und N+1 (2) nur in Richtung von vorgelagert zu nachgelagert vom Elektrolysestrom ( $I_1$ ) durchflossen wird.
- 20 2. Aluminiumschmelzanlage (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zellen (2) entlang einer Achse ausgerichtet sind und dass der elektrische Leiter (14) im Wesentlichen geradlinig und parallel zur Ausrichtungachse der Zellen (2) verläuft.
- 25 3. Aluminiumschmelzanlage (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Kathode (8) außerdem mindestens einen Kathodenausgang (12) hat, der durch die Seitenwand (7a) der nachgelagerten Kammer (7) geführt wird.
- 30 4. Aluminiumschmelzanlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder nachgelagerte Kathodenausgang (12), der
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

durch die Seitenwand (7a) der Kammer (7) der Zelle N (2) geführt wird, einen Metallstab hat, genauer gesagt, einen Stahlstab mit Einsatz oder Platte (16) aus Kupfer.

5. Aluminiumschmelzanlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kammer (7) der Zelle N (2) mehrere Bögen (15) hat, die an der Seitenwand (7a) und am Boden (7b) der Kammer (7) angebracht sind, wobei die elektrischen Leiter (14) mit jedem Kathodenausgang (12), der durch den Boden (7b) der Kammer (7) der Zelle N (2) geführt wird, verbunden sind und zwischen den Bögen (15) verlaufen.
6. Aluminiumschmelzanlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zellen (2) mit Kurzschlussvorrichtungen ausgestattet sind.
7. Aluminiumschmelzanlage (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kurzschlussvorrichtungen der Zelle N+1 (2) mindestens einen elektrischen Leiter (17) für den Kurzschluss hat, der dauerhaft zwischen Zelle N (2) und N+1 (2) angebracht ist, wobei jeder elektrische Leiter (17) für den Kurzschluss elektrisch mit einem elektrischen Leiter (14) verbunden ist, der seinerseits mit einem Kathodenausgang (12) der Zelle (2), welcher durch den Boden (7b) der Kammer (7) der Zelle N+1 (2) geführt wird, verbunden ist, und wobei sich jeder elektrische Leiter (17) für den Kurzschluss in der Nähe eines der elektrischen Leiter (14), der mit einem der Kathodenausgang (12) der Zelle N (2) verbunden ist, befindet.
8. Aluminiumschmelzanlage (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kurzschlussvorrichtung der Zelle N+1 (2) mindestens einen elektrischen Leiter (17) für den Kurzschluss hat, der dauerhaft zwischen Zelle N (2) und N+1 (2) angebracht ist, wobei jeder elektrische Leiter (17) für den Kurzschluss elektrisch mit einem elektrischen Leiter (14) verbunden ist, der seinerseits mit einem Kathodenausgang (12) der Zelle (2), welcher durch den Boden (7b) der Kammer (7) der Zelle N (2) geführt wird, verbunden ist, und wobei sich jeder elektrische Leiter (17) für den Kurzschluss in der Nähe eines der elektrischen Leiter (14), der mit einem der Kathodenausgang (12) der Zelle N+1 (2) verbunden ist, befindet.
9. Aluminiumschmelzanlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Nebenstromkreis (5, 6) elektrische Leiter hat, die an der rechten und/oder linken Seite der Zellen (2) mindestens einer der Reihe (F, F'), die aus den Zellen (2) gebildet wird, entlang geführt werden.

10. Aluminiumschmelzanlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Nebenstromkreis (5, 6) elektrische Leiter hat, die an mindestens einer Reihe (F, F'), die aus den Zellen (2) gebildet wird, entlang geführt werden.

11. Aluminiumschmelzanlage (1) nach einem der Ansprüche 9 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrischen Leiter von mindestens einem Nebenstromkreis (5, 6) aus supraleitendem Material bestehen.

12. Aluminiumschmelzanlage (1) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der elektrische Leiter von mindestens einem Nebenstromkreis (5, 6) mindestens zweimal entlang der Zellen (2) der Reihe(n) (F, F') geführt werden.

## Claims

1. An aluminum smelter (1) comprising:

(i) a series of electrolytic cells (2), designed for the production of aluminum according to the Hall-Heroult process,

each electrolytic cell (2) comprising at least one anode (9), a cathode (8) and a pot shell (7) provided with a side wall (7a) and a bottom (7b), each cathode (8) comprising at least one cathode output (12),

(ii) a main electric circuit (4) through which electrolysis current passes ( $I_1$ ) passes, electrically connecting the electrolytic cells (2) together, the electrolysis current ( $I_1$ ) initially passing through an electrolytic cell N (2), placed upstream, and secondly through an electrolytic cell N+1 (2), placed downstream,

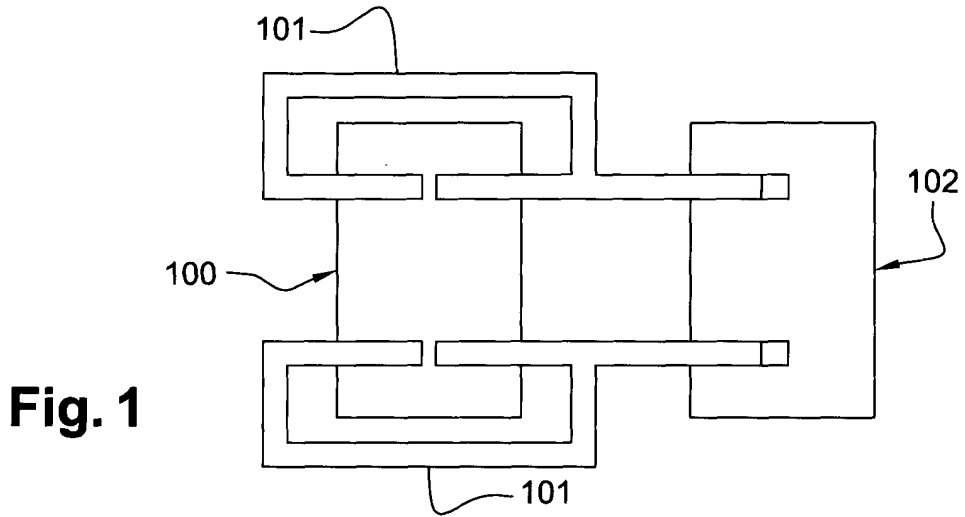
said main electric circuit (4) comprising an electrical conductor (14) connected to each cathode output (12) of the electrolytic cell N (2), the electrical conductor (14) also being connected to at least one anode (9) of the electrolytic cell N+1 (2), in order to convey the electrolysis current ( $I_1$ ) from electrolytic cell N (2) to electrolytic cell N+1 (2),

**characterized in that** the aluminum smelter (1) further comprises

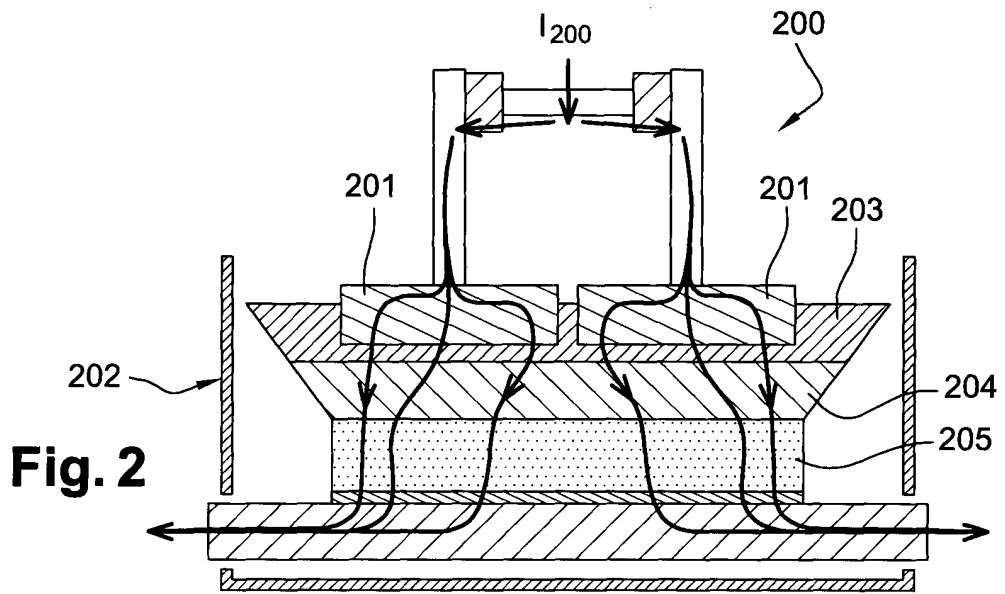
(iii) at least one secondary electric circuit (5, 6) through which an electric current ( $I_2, I_3$ ) passes, so as to compensate the magnetic field created by the electrolysis current ( $I_1$ ), and such that

at least one of the cathode outputs (12) of the cathode (8) of the electrolytic cell N (2) passes through the bottom (7b) of the pot shell (7), during the operation of the electrolytic cells N,

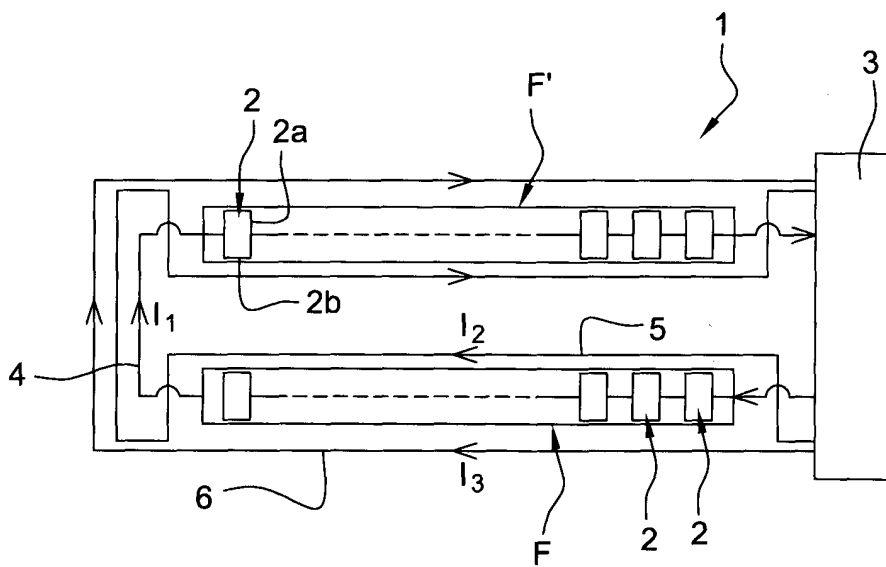
- N+1 (2), the electrolysis current ( $I_1$ ) passes, in an upstream-downstream direction only, through each electrical conductor (14) extending from each cathode output (12) of the electrolytic cell N (2) in the direction of the electrolytic cell N+1 (2). 5
2. The aluminum smelter (1) according to claim 1, **characterized in that** the electrolytic cells (2) are aligned along an axis, and **in that** the electrical conductor (14) extends in a substantially rectilinear manner and in a manner substantially parallel to the axis of alignment of the electrolytic cells (2). 10
  3. The aluminum smelter (1) according to claim 1 or claim 2, **characterized in that** each cathode (8) further comprises at least one cathode output (12) passing through the downstream side wall (7a) of the pot shell (7). 15
  4. The aluminum smelter (1) according to any one of claims 1 to 3, **characterized in that** each downstream cathode output (12) passing through the side wall (7a) of the pot shell (7) of the electrolytic cell N (2) comprises a metal bar, more particularly made of steel, with a copper insert or plate (16). 20 25
  5. The aluminum smelter (1) according to any one of claims 1 to 4, **characterized in that** the pot shell (7) of the electrolytic cell N (2) comprises several arches (15) secured to the side wall (7a) and to the bottom (7b) of the pot shell (7), the electrical conductors (14) connected to each cathode output (12) passing through the bottom (7b) of the pot shell (7) of the electrolytic cell N (2) extending between the arches (15). 30 35
  6. The aluminum smelter (1) according to any one of claims 1 to 5, **characterized in that** the electrolytic cells (2) include short-circuiting means. 40
  7. The aluminum smelter (1) according to claim 6, **characterized in that** the short-circuiting means of the electrolytic cell N+1 (2) comprise at least a short-circuiting electrical conductor (17) placed permanently between electrolytic cell N (2) and electrolytic cell N+1 (2), each short-circuiting electrical conductor (17) being electrically connected to one of the electrical conductors (14) connected to a cathode output (12) of the cell (2) passing through the bottom (7b) of the shell (7) of the electrolytic cell N+1 (2), and each short-circuiting electrical conductor (17) being located a short distance from the electrical conductors (14) connected to one of the cathode outputs (12) of the electrolytic cell N (2). 45 50 55
  8. The aluminum smelter (1) according to claim 6, **characterized in that** the short-circuiting means of the electrolytic cell N+1 (2) comprise at least a short-circuiting electrical conductor (17) placed permanently between electrolytic cell N (2) and electrolytic cell N+1 (2), each short-circuiting electrical conductor (17) being electrically connected to one of the electrical conductors (14) connected to a cathode output (12) of the cell (2) passing through the bottom (7b) of the shell (7) of the electrolytic cell N (2), and each short-circuiting electrical conductor (17) being located a short distance from the electrical conductors (14) connected to one of the cathode outputs (12) of the electrolytic cell N+1 (2).
  9. The aluminum smelter (1) according to any one of claims 1 to 8, **characterized in that** the at least one secondary electric circuit (5, 6) comprises electrical conductors running along the right and/or left side of the electrolytic cells (2) of at least one line (F, F') of electrolytic cells (2).
  10. The aluminum smelter (1) according to any one of claims 1 to 9, **characterized in that** at least one secondary electric circuit (5, 6) comprises electrical conductors extending along at least one line (F, F') of the electrolytic cells (2), under said electrolytic cells (2).
  11. The aluminum smelter (1) according to any one of claims 9 to 10, **characterized in that** the electrical conductors of the at least secondary electric circuit (5, 6) are made of a superconducting material.
  12. The aluminum smelter (1) according to claim 11, **characterized in that** the electrical conductor of the at least one secondary electric circuit (5, 6) runs along the electrolytic cells (2) or lines (F, F') at least two times.



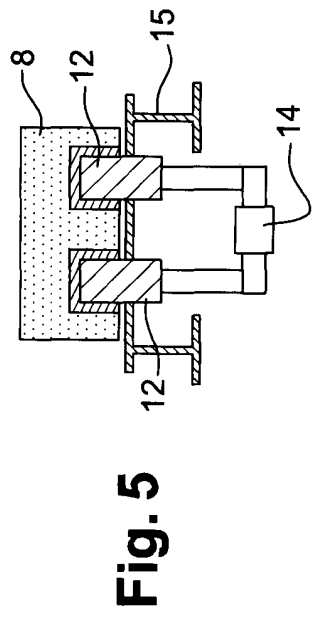
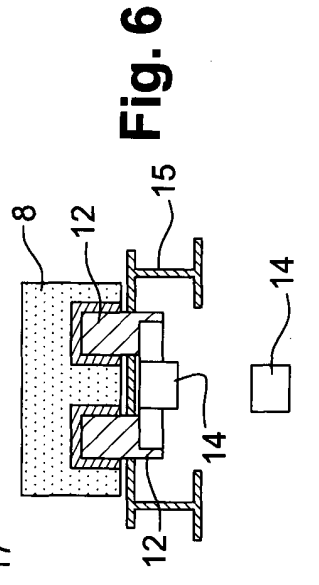
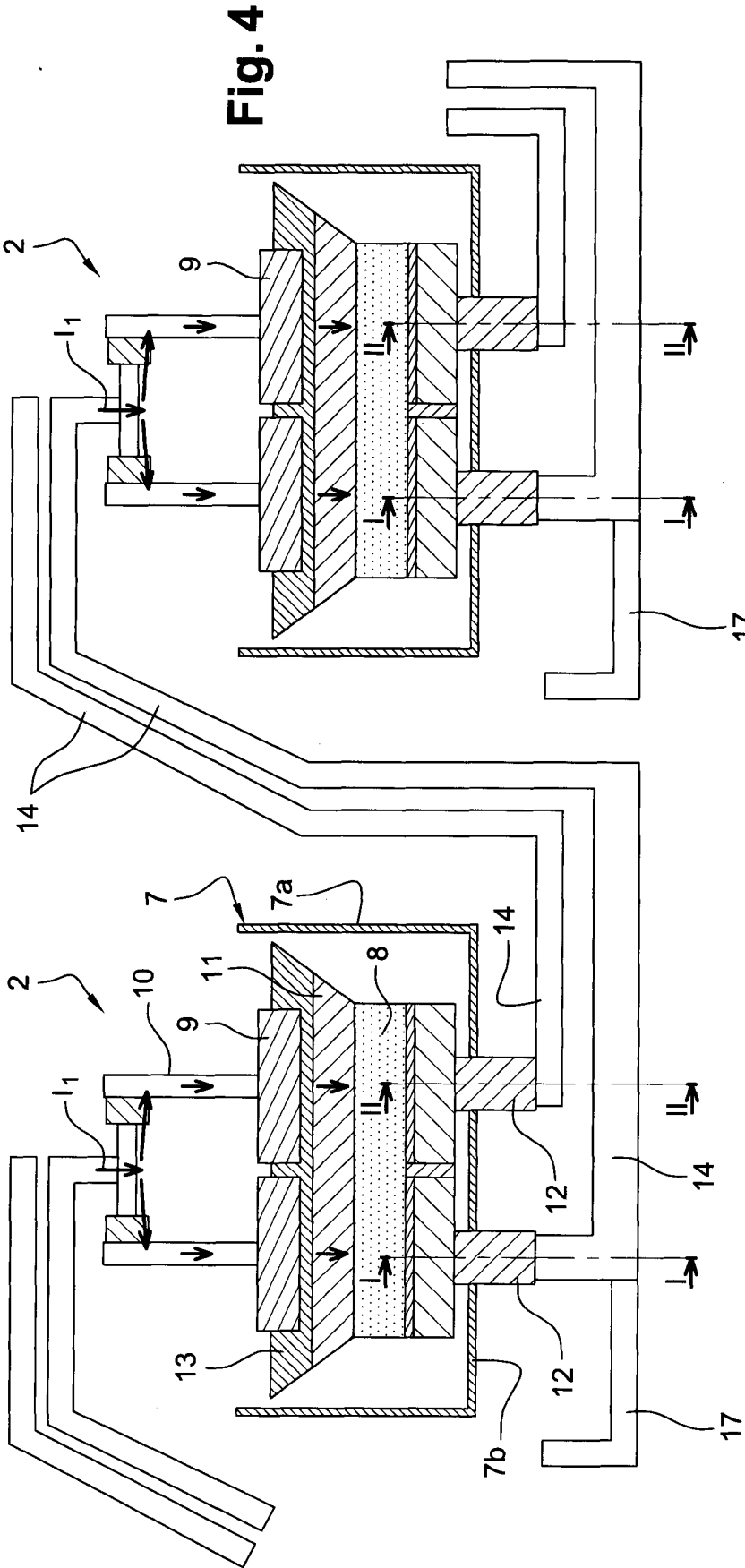
**Fig. 1**

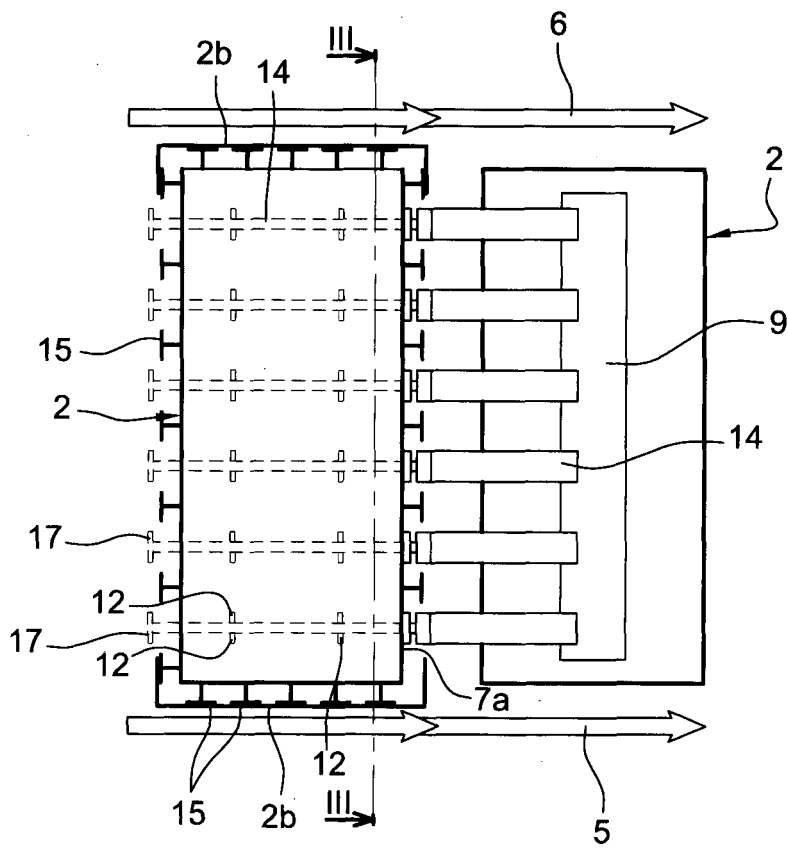
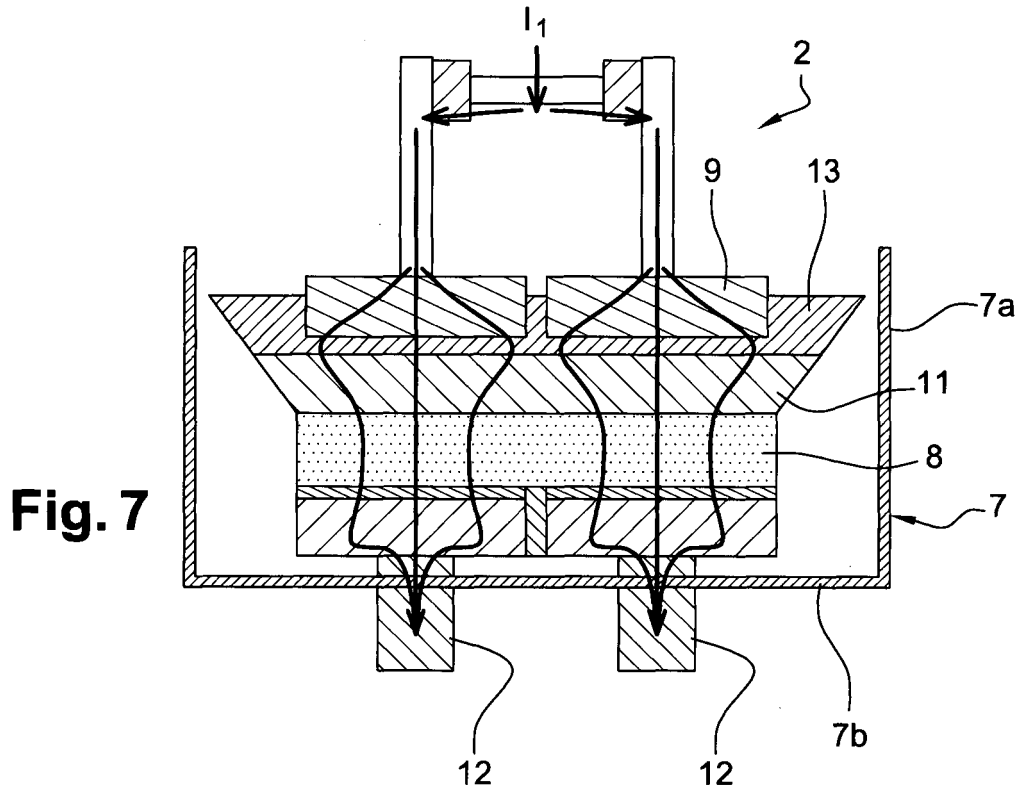


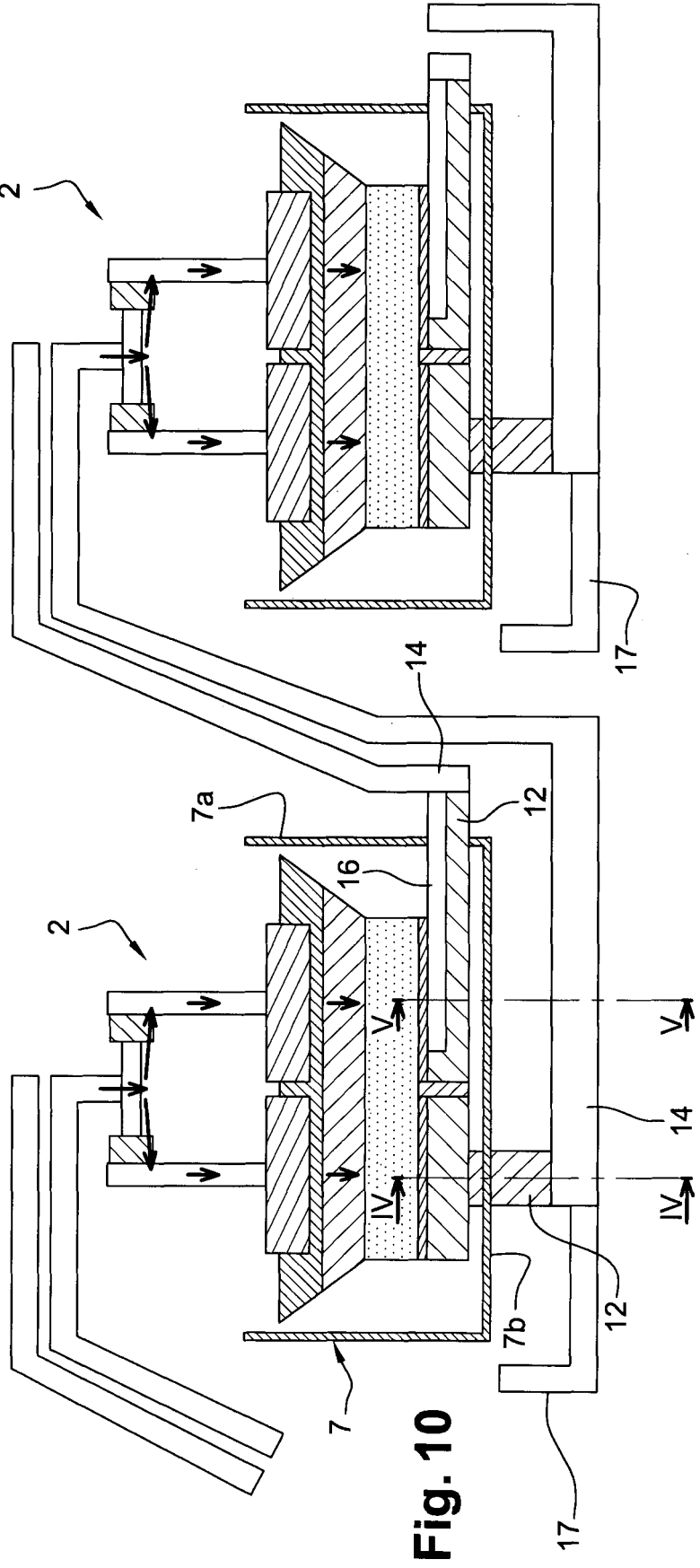
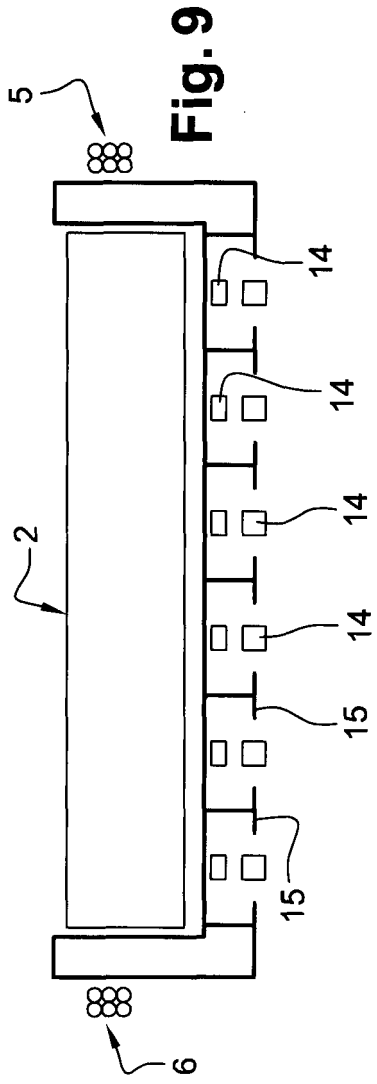
**Fig. 2**

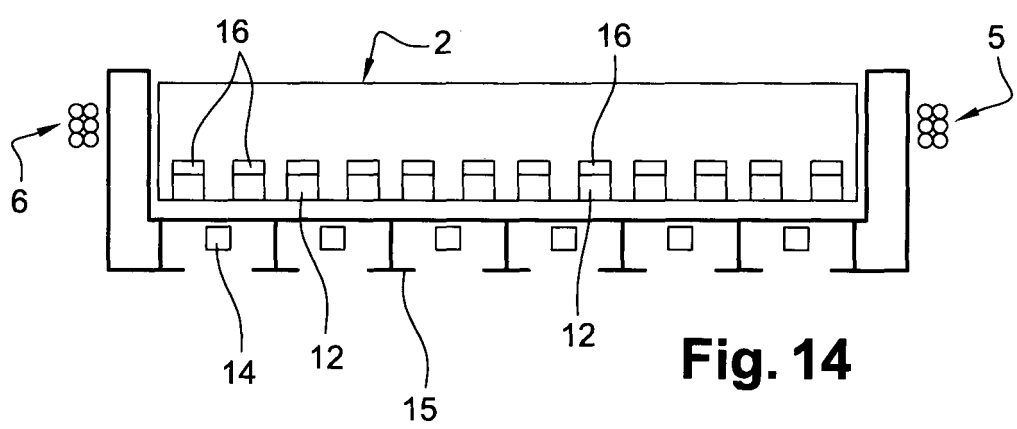
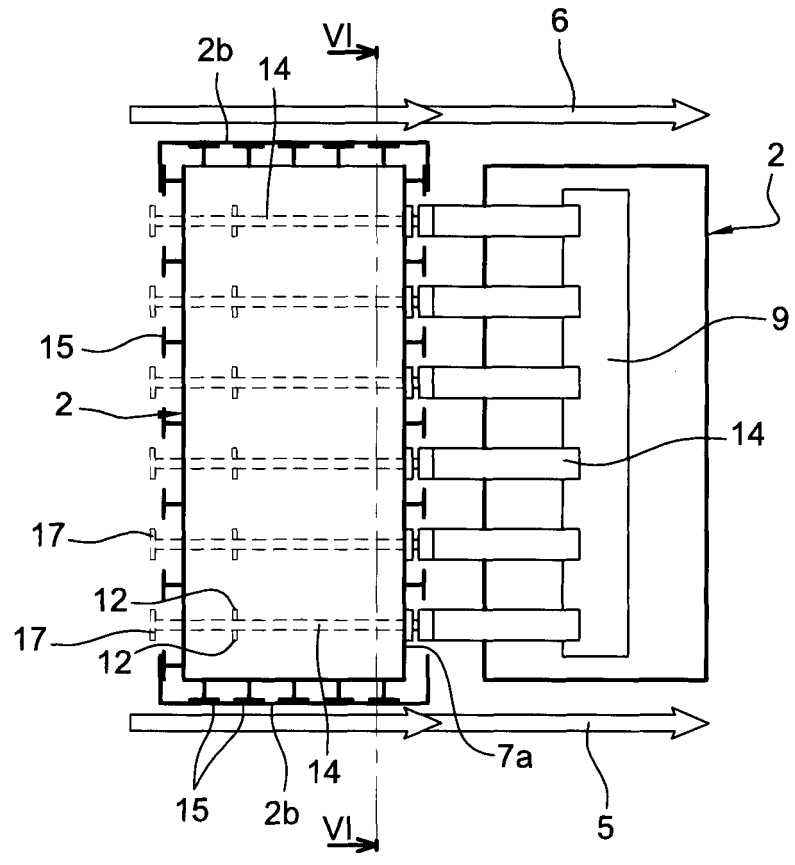
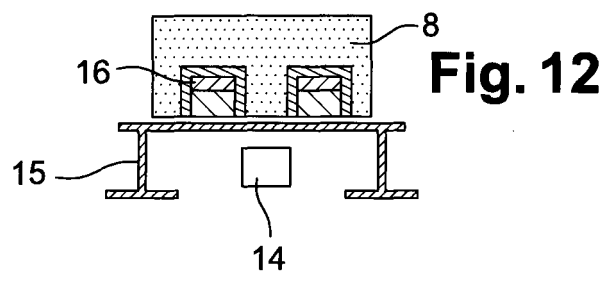
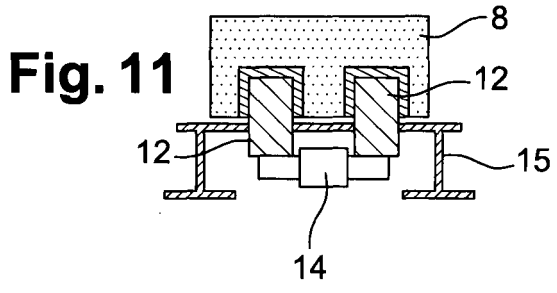


**Fig. 3**









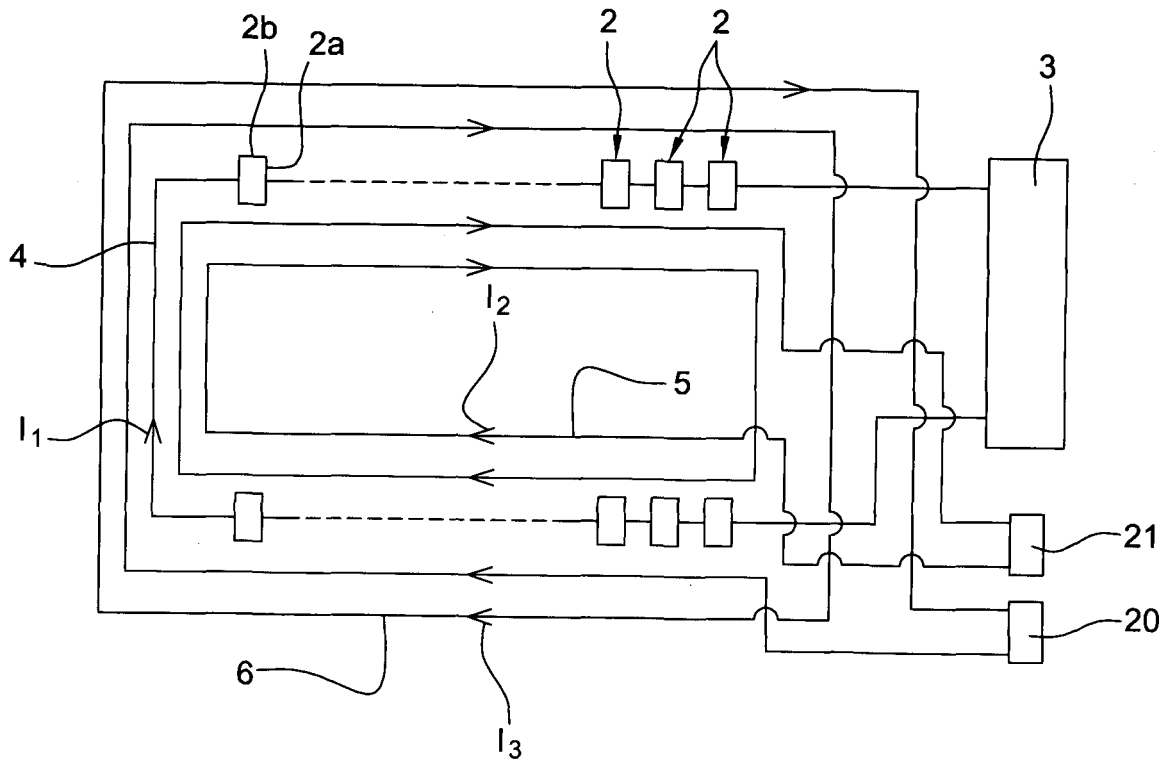
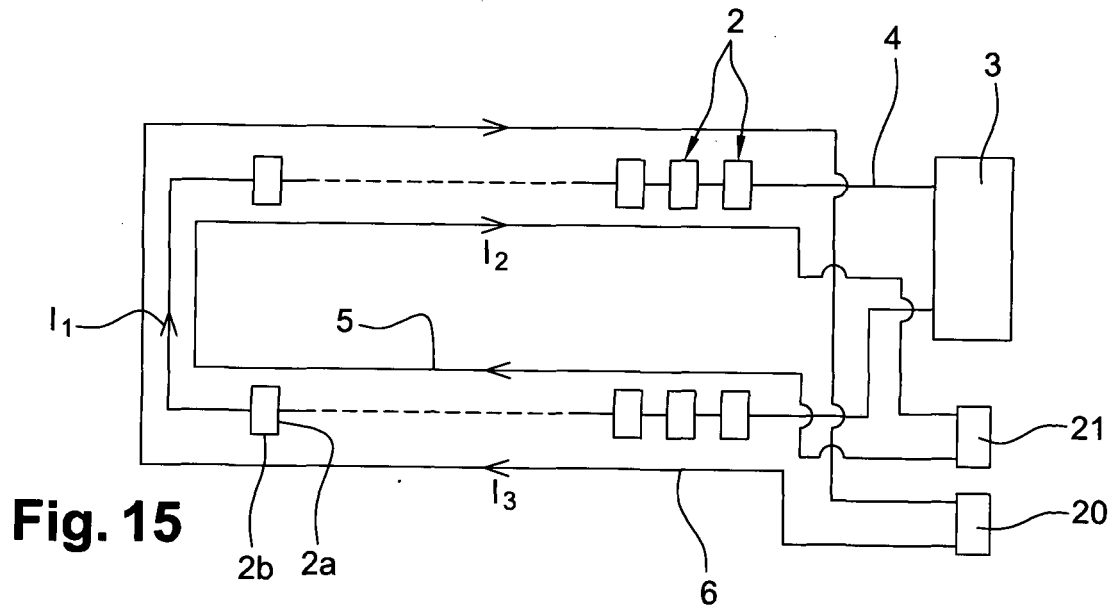
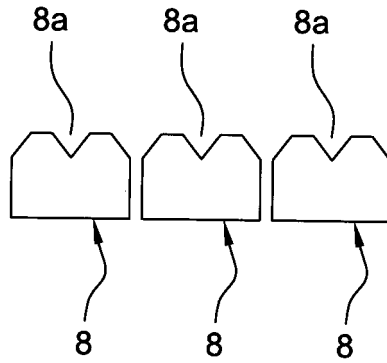
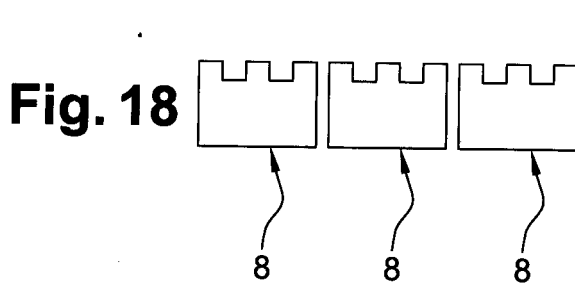


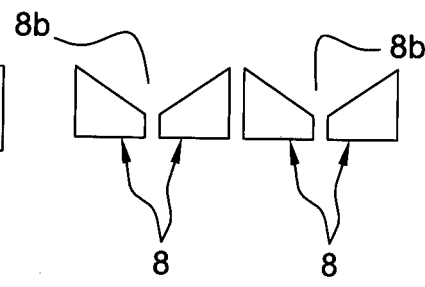
Fig. 16



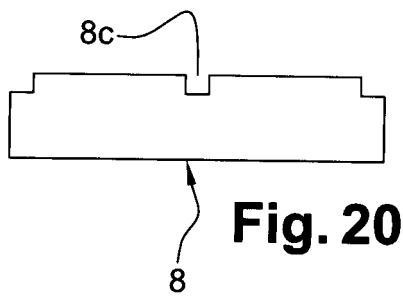
**Fig. 17**



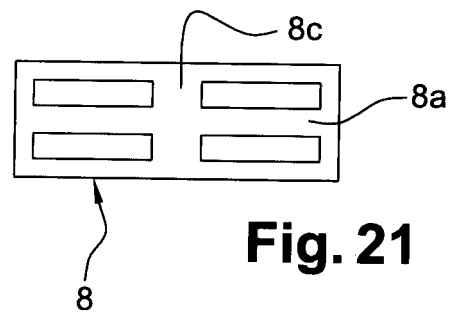
**Fig. 18**



**Fig. 19**



**Fig. 20**



**Fig. 21**

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- FR 2469475 [0004]
- US 5683559 A [0038]
- WO 2008011184 A [0061]
- US 20090247412 A [0061]