



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**05.04.2023 Bulletin 2023/14**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):  
**H01F 13/00** <sup>(2006.01)</sup> **B03C 1/26** <sup>(2006.01)</sup>  
**H05B 6/10** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Numéro de dépôt: **22198180.6**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):  
**H01F 13/006; H05B 6/103**

(22) Date de dépôt: **27.09.2022**

(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 ME**  
 Etats de validation désignés:  
**KH MA MD TN**

(71) Demandeur: **Rovere, David, Carmine, Raymond**  
**57310 Montrequienne (FR)**

(72) Inventeur: **Rovere, David, Carmine, Raymond**  
**57310 Montrequienne (FR)**

(74) Mandataire: **Fidal Innovation**  
**4-6 avenue d'Alsace**  
**92400 Courbevoie (FR)**

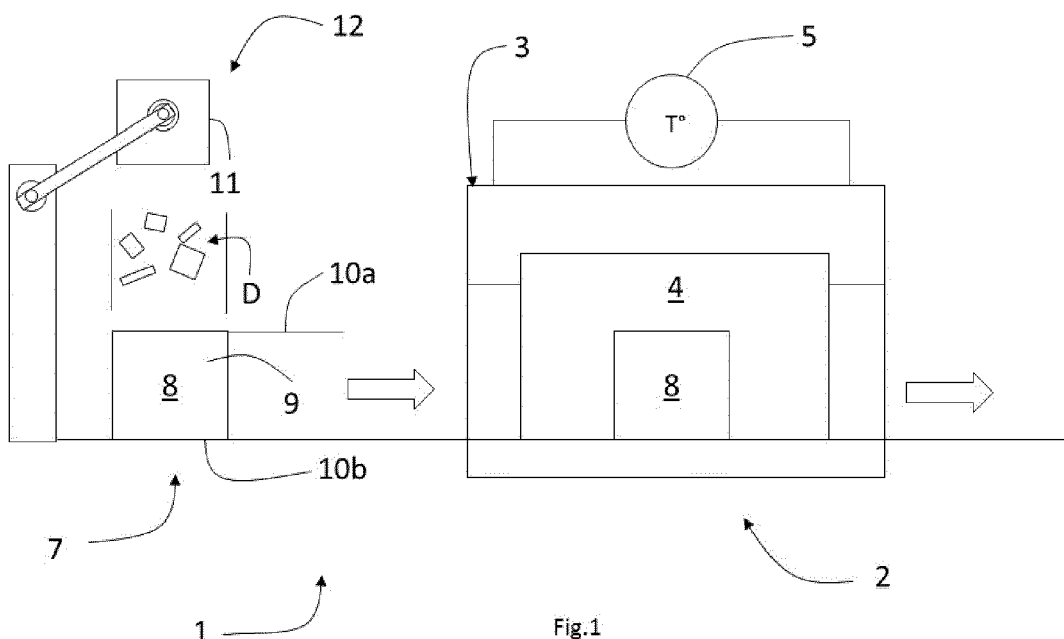
(30) Priorité: **29.09.2021 FR 2110290**

(54) **PROCÉDÉ DE RECYCLAGE D' AU MOINS UN AIMANT ET INSTALLATION POUR LA MISE EN OEUVRE D'UN TEL PROCÉDÉ**

(57) Procédé de recyclage d'au moins un aimant (D) de forte puissance dans une installation (1) de recyclage, le procédé comprenant une étape de démagnétisation de l'au moins un aimant (D), le procédé étant caractérisé en ce que, avant l'étape de démagnétisation, il comprend une étape de placement de l'aimant à l'intérieur d'un récipient (8) de neutralisation, ledit récipient (8) de neutra-

lisation comprenant des parois (9, 10) formant un réceptacle fermé pour contenir ledit au moins un aimant (D), les parois (9, 10) étant réalisées au moins en partie en matériau amagnétique, l'aimant (D) étant contenu dans le récipient (8) de neutralisation pendant au moins une partie de l'étape de démagnétisation.

[Fig. 1]



## Description

### DOMAINE DE L'INVENTION

**[0001]** La présente invention se rapporte au domaine du recyclage des aimants. Plus précisément, l'invention se rapporte au recyclage d'aimants permanents dits de forte puissance, tels que ceux que l'on trouve dans des machines industrielles.

### ARRIÈRE-PLAN TECHNOLOGIQUE

**[0002]** On appelle de manière générale « aimant de forte de puissance » un aimant permanent, à base de terres rares, dont le champ magnétique rémanent, c'est-à-dire en l'absence de toute excitation magnétique, est de l'ordre au moins de 1 T (Tesla).

**[0003]** On trouve ce type d'aimants notamment dans des machines électriques tournantes, tels que des moteurs ou des générateurs d'éoliennes, dans des appareils de mesure et des instruments dotés d'aimants permanents, par exemple un appareil à IRM dans le domaine médical, ou plus généralement dans tout système et équipement requérant un champ électromagnétique de forte puissance.

**[0004]** Le magnétisme des aimants permanents peut se dégrader au fil du temps, par exemple sous l'effet de la chaleur : leur puissance intrinsèque est diminuée et/ou ils se disloquent et/ou ils se décolent de leur support. Afin de maintenir un rendement optimal de la machine électrique, il est alors nécessaire de remagnétiser les aimants partiellement ou totalement, ou de les remplacer. La remagnétisation peut être réalisée dans la machine ou en dehors. Pour une remagnétisation en dehors de la machine ou pour remplacer les aimants, il faut les extraire de la machine, soit à l'aide d'un outillage spécifique à la machine, ou encore en démantelant partiellement ou totalement la machine.

**[0005]** L'aimant extrait de la machine est assemblé à un support, ou semelle, formant un pôle magnétique. D'autres éléments peuvent également être assemblés au pôle. On parle alors de bloc magnétique.

**[0006]** L'approvisionnement en terres rares pour la fabrication de nouveaux aimants est problématique. Le recyclage des aimants usagés permet donc d'apporter une réponse à ce problème.

**[0007]** Ainsi, il existe des recherches dans le domaine visant à placer les aimants usagés dans un four de fusion, où ils fondent, puis à refroidir le métal fondu et à appliquer un traitement permettant d'obtenir une poudre d'aimants. Cette poudre peut alors être employée pour la fabrication d'un nouvel aimant.

**[0008]** Un problème est que lors de la fusion, des impuretés peuvent se mélanger aux métaux, dégradant la qualité des aimants qui seraient fabriqués par la suite. L'atmosphère dans le four et lors du refroidissement doit alors être contrôlée de manière stricte, ce qui n'est pas toujours évident à mettre en place, et implique des coûts

importants.

**[0009]** Un autre problème est que cette technique requiert un nettoyage minutieux des aimants avant leur passage dans le four de fusion, et notamment la déconstruction du bloc magnétique, pour éviter une contamination par d'autres matières de la poudre qui sera récupérée. Ce nettoyage augmente les coûts du recyclage, et peut dégrader l'aimant par des techniques abrasives ou chimiques.

**[0010]** Il est également connu de démagnétiser un aimant en le chauffant au-delà de sa température dite de Curie. L'aimant chauffé au-delà de cette température perd ses propriétés magnétiques, et devient alors amagnétique à l'échelle du quotidien. A cet effet, l'aimant est placé dans un four, de préférence sous atmosphère contrôlée. Un avantage connu est qu'en chauffant ainsi l'aimant, il est alors séparé des éléments qui forment le bloc magnétique. En effet, le bloc magnétique est en général assemblé à l'aide de liants ou adhésifs de type colle. En chauffant, la colle fond et/ou s'évapore, permettant de libérer l'aimant.

**[0011]** L'aimant ainsi démagnétiser peut ensuite être recyclé selon les besoins, par exemple en récupérant les matériaux le constituant.

**[0012]** Le document US2014/0366687 et le document US2012/0137829 décrivent chacun un exemple d'un procédé de démagnétisation impliquant le chauffage de l'aimant.

**[0013]** Un problème dans ce type de procédé est que plus l'aimant est puissant, plus le risque d'interaction avec l'équipement de démagnétisation est élevé. Ainsi, pour un aimant de forte puissance, celui-ci peut interagir avec les parois du four, en venant se coller dessus, voire avec l'environnement du four, l'aimant se comportant alors comme un projectile ou provoquant la création de projectiles à partir des objets dans l'environnement du four. La sécurité des opérateurs est en jeu.

**[0014]** Les aimants, d'autant plus lorsqu'ils sont de forte puissance, sont en outre de préférence passés un à un dans le four, avec précaution, rendant ces procédés coûteux et difficiles à mettre en oeuvre dans un cadre industriel.

**[0015]** Enfin, il est connu de démagnétiser des aimants par impulsions de champs électromagnétiques alternatifs d'amplitude décroissante. Les problèmes exposés ci-dessus sont également présents dans cette méthode.

**[0016]** Il existe donc un besoin pour un nouveau procédé de recyclage d'aimants surmontant les inconvénients précités.

**[0017]** Un premier objet de l'invention est de proposer un procédé de recyclage adapté aux aimants de forte puissance, c'est-à-dire de l'ordre de 1T et au-delà.

**[0018]** Un deuxième objet de l'invention est de proposer un procédé de recyclage adapté au traitement simultané d'une pluralité d'aimants.

**[0019]** Un troisième objet de l'invention est de proposer un procédé de recyclage permettant une démagnétisation quasi-totale des aimants traités.

**[0020]** Un quatrième objet de l'invention est de proposer un procédé de recyclage dans lequel les aimants démagnétisés obtenus sont propres.

**[0021]** Un cinquième objet de l'invention est de proposer un procédé de recyclage limitant l'incorporation d'impuretés dans le matériau des aimants.

**[0022]** Un sixième objet de l'invention est de proposer un procédé de recyclage adapté aux exigences industrielles, notamment en termes de coûts et de cadence.

**[0023]** Un septième objet de l'invention est de proposer un procédé de recyclage augmentant la sécurité des personnes qui l'opèrent.

## RÉSUMÉ DE L'INVENTION

**[0024]** Ainsi, selon un premier aspect, l'invention se rapporte à un procédé de recyclage d'au moins un aimant dans une installation de recyclage. Le procédé comprend notamment une étape de démagnétisation de l'au moins un aimant. Avant l'étape de démagnétisation, le procédé comprend de plus une étape de placement de l'aimant à l'intérieur d'un récipient de neutralisation, ledit récipient de neutralisation comprenant des parois formant un réceptacle fermé pour contenir ledit au moins un aimant, les parois étant réalisées au moins en partie en matériau métallique amagnétique. Ainsi, l'aimant est contenu dans le récipient de neutralisation pendant au moins une partie de l'étape de démagnétisation. Le récipient de neutralisation permet ainsi de contenir au moins un aimant, ou une pluralité d'aimants, pendant l'étape de démagnétisation avec une sûreté accrue pour l'équipement et une sécurité augmentée pour le personnel autour, même pour des aimants de forte puissance.

**[0025]** Selon un mode de réalisation, l'aimant est, pendant au moins une partie de l'étape de démagnétisation, partie d'un bloc magnétique comprenant des éléments assemblés au moins en partie par liant à l'aimant. Le bloc magnétique peut se disloquer pendant l'étape de démagnétisation. Le procédé permet ainsi de ne pas avoir à nettoyer strictement un aimant avant l'étape de démagnétisation. Le procédé s'en trouve simplifié, et les coûts diminués.

**[0026]** Selon un mode de réalisation, l'étape de démagnétisation comprend au moins une opération de chauffage à une température maximale supérieure ou égale à la température de Curie de l'au moins un aimant à démagnétiser. La démagnétisation par chauffage assure une démagnétisation efficace en plus de, le cas échéant, permettre simultanément de fondre une partie des colles et autres liants du bloc magnétique, facilitant voire amorçant la dislocation du bloc magnétique. La séparation de l'aimant du reste des éléments du bloc magnétique et le tri s'en trouvent simplifiés, et la valorisation de l'aimant est améliorée.

**[0027]** Selon un mode de réalisation, l'étape de démagnétisation comprend au moins une opération de cyclage par impulsion de champs électromagnétiques décroissants, en combinaison ou en variante de la démagnéti-

sation par chauffage. Dans ce cas, l'aimant, et le cas échéant le bloc magnétique, peuvent être réutilisés en tant que tel, par exemple après remagnétisation.

**[0028]** Selon un mode de réalisation, après l'étape de démagnétisation, il est prévu une étape de chauffe de l'aimant à une température inférieure à la température de Curie de l'aimant, permettant de finaliser la dislocation du bloc magnétique et/ou le nettoyage de l'aimant. Cette étape de chauffe est particulièrement utile lorsque l'étape de démagnétisation est réalisée uniquement par l'opération de cyclage par impulsion de champs électromagnétiques décroissants.

**[0029]** Selon un mode de réalisation, après l'étape de démagnétisation, une étape de nettoyage de l'aimant, qui peut comprendre une dislocation de l'aimant, afin d'obtenir l'aimant séparé physiquement des autres éléments du bloc magnétique, et propre de colle, vernis et autres liants ou revêtements éventuels. La valorisation de l'aimant s'en trouve augmentée.

**[0030]** Selon un mode de réalisation, le procédé est particulièrement adapté pour le recyclage d'une pluralité d'aimants placés ensemble dans le récipient de neutralisation pendant l'étape de démagnétisation. Dans ce cas, l'étape de placement de la pluralité d'aimants peut être réalisée en déversant vrac, dans le récipient de neutralisation, la pluralité d'aimants. Aucune organisation particulière des aimants n'est à prévoir, facilitant le chargement du récipient de neutralisation, et permettant d'augmenter les cadences de recyclage.

**[0031]** Selon un mode de réalisation, le procédé peut comprendre une étape préalable de collecte d'au moins une partie de la pluralité d'aimant dans un collecteur intermédiaire. L'étape de placement dans le récipient de neutralisation peut comprendre une opération de déversement du contenu du collecteur intermédiaire dans le récipient de neutralisation.

**[0032]** On peut utiliser un dévidoir à l'interface entre le collecteur intermédiaire et le récipient de neutralisation pour déverser les aimants en toute sécurité. En effet, en déversant plusieurs aimants en même temps, notamment lorsqu'ils sont de forte puissance, les aimants cherchent à se positionner les uns par rapport aux autres en fonction de leurs lignes de champ magnétique, de sorte qu'ils peuvent être éjectés dans plusieurs directions au moment du passage entre le collecteur et le récipient de neutralisation. Le dévidoir permet de guider les aimants dans le réceptacle du récipient de neutralisation en toute sécurité.

**[0033]** Selon un mode de réalisation, le procédé peut comprendre de plus une étape préalable de collecte et une étape de transport de l'au moins un aimant. L'étape de collecte comprend par exemple l'extraction de l'au moins un aimant d'une machine sur un site d'exploitation de la machine, et l'étape de transport comprend par exemple le transport depuis le site d'exploitation de la machine jusqu'à l'installation de recyclage. L'étape de placement dans le récipient de neutralisation est alors réalisé avant l'étape de transport, de sorte que le au

moins un aimant est contenu dans le récipient de neutralisation pendant l'étape de transport. Ainsi, le nombre de manipulation de l'aimant est réduit ; l'aimant étant amené sur site déjà dans le récipient de neutralisation, prêt à subir l'étape de démagnétisation.

**[0034]** Selon un mode de réalisation, le matériau amagnétique est un acier inoxydable austénitique, facile à trouver et bon marché.

**[0035]** Selon un mode de réalisation, le au moins un aimant est un aimant de forte puissance, le récipient de neutralisation neutralisant au moins en partie ses effets dangereux sur les équipements et sur le personnel opérant.

**[0036]** Selon un deuxième aspect, l'invention concerne un installation de recyclage d'au moins un aimant pour la mise en oeuvre du procédé de démagnétisation tel que présenté ci-dessus, comprenant au moins une station de démagnétisation et au moins une station de placement dans un récipient de neutralisation. Ledit récipient de neutralisation comprend des parois formant un réceptacle fermé pour ledit au moins un aimant, les parois étant réalisées au moins en partie en matériau métallique amagnétique.

## BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

**[0037]** Des modes de réalisation de l'invention seront décrits ci-dessous par référence aux dessins, décrits brièvement ci-dessous :

[Fig. 1] est une présentation schématique d'une partie d'une ligne de recyclage selon un mode de réalisation ;

[Fig. 2] est une présentation schématique d'une partie d'une ligne de recyclage selon un autre mode de réalisation ;

[Fig. 3] est une présentation schématique d'une autre partie d'une ligne de recyclage ;

[Fig. 4] représente une vue de côté dispositif de transport et de traitement selon un premier mode de réalisation, dans un état dit de traitement, avec des portes latérales fermées ;

[Fig. 5] représente une vue en coupe le long d'une paroi du dispositif de la figure 4, dans un état dit de transport ;

[Fig. 6] représente une vue de dessus du dispositif de la figure 4, dans l'état de traitement ;

[Fig. 7] représente un schéma illustrant en transparence le déversement d'aimant dans le dispositif des figures 4 à 6 ;

[Fig. 8] représente le dispositif de la figure 4 avec une des portes latérales ouvertes ;

[Fig. 9] représente une coque externe d'un dispositif de transport et de traitement selon un deuxième mode de réalisation

**[0038]** Sur les dessins, des références identiques désignent des objets identiques ou similaires.

## DESCRIPTION DÉTAILLÉE

**[0039]** L'invention concerne le recyclage d'aimants usagés, depuis leur collecte jusqu'à leur revalorisation, qui comprend notamment la démagnétisation des aimants usagés. Plus spécifiquement, mais sans que cela ne soit limitatif, l'invention trouvera une application particulière pour le recyclage d'aimants de forte puissance, c'est-à-dire dont le champ magnétique rémanent, également appelé induction magnétique rémanente, est de l'ordre de 1 T ou plus. Encore plus particulièrement, l'invention s'applique à des aimants de forte puissance et permanents, et éventuellement à base de terres rares. Ces aimants sont, de manière répandue, de type ferromagnétique, mais l'invention peut s'appliquer à d'autres types d'aimants, et par exemple aux aimants antiferromagnétiques.

**[0040]** Dans un premier temps, la description qui suit porte sur le recyclage impliquant la démagnétisation d'aimants D à recycler, puis dans un deuxième temps elle s'intéressera à la collecte des aimants.

**[0041]** Sur les figures 1 à 3, on a représenté de manière schématique une partie d'une installation 1 de recyclage d'au moins un aimant selon un exemple de réalisation.

**[0042]** L'installation 1 comprend une station 2 de démagnétisation, dans laquelle un ou plusieurs aimants D à recycler sont démagnétisés.

**[0043]** Par « démagnétisation », on définit ici l'action de réduire le champ magnétique rémanent et / ou le champ magnétique coercitif d'un aimant jusqu'à une valeur à laquelle il n'exerce plus sur son environnement et l'environnement n'exerce plus non plus d'effet visible et/ou mesurable à des échelles normales. L'aimant démagnétisé devient alors par exemple paramagnétique.

**[0044]** Dans ce qui suit, sauf indication spécifique, l'expression « champ magnétique » désigne le champ magnétique rémanent, ou le champ magnétique coercitif, ou les deux.

**[0045]** La station 2 de démagnétisation comprend par exemple un four 3 de démagnétisation, prévu pour pouvoir chauffer au moins un aimant à recycler à une température supérieure ou égale à sa température de démagnétisation.

**[0046]** La température de démagnétisation dépend de la nature de l'aimant à démagnétiser. Dans le cas d'un aimant ferromagnétique, cette température est connue sous le nom de température de Curie. Pour un aimant antiferromagnétique, elle est appelée température de Néel. Dans la suite de la description, on parlera uniquement de température de Curie, étant entendu que la description est adaptable de manière immédiate aux aimants antiferromagnétiques.

**[0047]** Le four 3 de démagnétisation est par exemple un four à radiants ou à brûleurs. De préférence, l'atmosphère dans le four 3 est contrôlée. Plus précisément, le four 3 peut comprendre une enceinte 4 fermée, et un système d'injection d'un gaz (non représenté) dans l'enceinte 4. Le four 3 est également équipé d'un système 5

permettant de régler et de contrôler la température, ainsi qu'éventuellement la pression, dans l'enceinte 4. La démagnétisation peut ainsi se faire à basse pression, avec injection d'un gaz inerte, par exemple de l'argon, de manière à limiter la pollution de l'aimant pendant le chauffage en particulier par les éléments légers de l'air (oxygène, carbone et azote).

**[0048]** La station 2 de démagnétisation peut comprendre un tunnel 6 démagnétiseur, générateur d'un champ magnétique maximal supérieur à celui des aimants à démagnétiser. Plus précisément, il s'agit d'une démagnétisation par cyclage par impulsions électromagnétiques alternatifs décroissants. La démagnétisation selon cette technique permet, en évitant de chauffer l'aimant, de conserver son intégrité, à la différence du passage dans le four 3 qui peut altérer les propriétés des matériaux constituant l'aimant et le rendre inutilisable comme nouvel aimant. La démagnétisation par cyclage par impulsions électromagnétiques alternatifs est donc utilisée notamment lorsque l'aimant doit être réutilisé tel que, après remagnétisation par exemple.

**[0049]** La station 2 de démagnétisation peut comprendre soit uniquement le four 3, soit uniquement le tunnel 6, soit les deux. Dans ce dernier cas, chaque aimant D à démagnétiser passe successivement dans l'un puis dans l'autre.

**[0050]** Selon un mode de réalisation préféré, chaque aimant D à démagnétiser passe d'abord dans le tunnel 6 puis dans le four 3. En combinant les deux méthodes de démagnétisation, il est possible d'atteindre une démagnétisation plus importante que lorsqu'une seule de ces méthodes est mise en œuvre. De plus, l'utilisation du tunnel 6 en amont du four 3 de démagnétisation permet de réduire le temps de passage dans le four 3 de démagnétisation, et donc de réduire l'énergie utilisée. Par exemple, le four 3 de démagnétisation peut comprendre des brûleurs, dont la quantité de gaz de combustion consommée pour démagnétiser un aimant peut être réduite par un passage préalable dans le tunnel 3.

**[0051]** Comme indiqué en introduction, et comme cela sera également explicité plus loin, un aimant est en général partie d'un ensemble, formant un bloc magnétique, au sein duquel des éléments sont assemblés à l'aimant, et qui peut comprendre des liants ou adhésifs, tels que de la colle, et/ou éventuellement du vernis, des résines et des silicones, qu'il est souhaitable d'éliminer pour le recyclage.

**[0052]** Le tunnel 6 est ainsi de préférence suivi d'au moins un four qui n'est pas nécessairement le four 3 de démagnétisation, et qui peut être un four n'atteignant pas la température de Curie de l'aimant à démagnétiser. Le passage dans un four permet ainsi au minimum le ramollissement, voire la fusion, voire encore la calcination des adhésifs et autres, de manière à permettre la décomposition du bloc magnétique.

**[0053]** Si le bloc magnétique a vocation à être réutilisé en tant que tel, aucun chauffage n'est réalisé après le passage dans le tunnel 6.

**[0054]** Cette décomposition est réalisée dans le four 3 de démagnétisation en même temps que la démagnétisation.

5 **[0055]** En variante encore ou en combinaison, la station 2 de démagnétisation peut comprendre tout dispositif permettant de réduire ou d'annuler le champ magnétique rémanent de l'aimant.

10 **[0056]** Comme expliqué en introduction, un aimant de forte puissance interagit fortement avec son environnement, de manière dangereuse. En particulier, il interagit avec les équipements de la station 2 de démagnétisation. Or, un aimant de forte puissance peut déplacer des masses de plusieurs centaines de kilogrammes (kg), par exemple jusqu'à 5000 kg. Il peut ainsi aller se coller sur les parois à l'intérieur de l'enceinte 4 du four 3 ou à l'intérieur du tunnel 6, et provoquer le déplacement d'objets lourds dans l'environnement de l'installation de démagnétisation. Il peut également se comporter comme un projectile dangereux pour les opérateurs devant le manipuler.

15 **[0057]** Ainsi, selon l'invention, l'installation 1 de démagnétisation comprend, en amont de la station 2 de démagnétisation, une station 7 de placement de l'aimant dans un récipient 8 de neutralisation. Le récipient 8 de neutralisation est vendu sous l'appellation « Daimag Box ». Ledit récipient 8 de neutralisation comprend des parois 9, 10a, 10b délimitant un espace intérieur qui forme réceptacle fermé pour contenir l'aimant à démagnétiser. Au moins une de ces parois 9, 10a, 10b comprend un système de fermeture amovible, donnant ou bloquant 20 l'accès au réceptacle à l'intérieur du récipient 8 de neutralisation. Selon un mode de réalisation, le système de fermeture amovible est formé par une paroi 10a dite supérieure, laquelle est articulée par rapport aux autres parois. Le récipient 8 de neutralisation comprend alors une paroi 10b inférieure opposé à la paroi 10a supérieure, formant un fond. Les autres parois 9 sont dites latérales. Selon ce mode de réalisation, le récipient 8 de neutralisation est destiné à reposer au sol, directement ou indirectement, par le fond 10b.

25 **[0058]** Les parois 9, 10a, 10b du récipient 8 sont réalisées au moins en partie, et de préférence entièrement, en matériau métallique amagnétique. Par matériau amagnétique, on désigne ici tout matériau qui n'est pas affecté, à des échelles mesurables, par un champ magnétique extérieur, et dont le champ magnétique rémanent et/ou coercitif n'exerce aucune action sur son environnement, à des échelles normales. Un matériau amagnétique peut notamment être paramagnétique.

30 **[0059]** Par exemple, les parois 9, 10a, 10b du récipient 8 sont réalisées en acier inoxydable austénitique. Selon un mode de réalisation, il s'agit d'inox 304 (désignation AISI), facilement disponible.

35 **[0060]** Les parois 9, 10a, 10b du récipient 8 de neutralisation peuvent comprendre des perçages permettant aux éventuelles fumées produites pendant le passage dans un four de l'installation 1 de s'échapper. Une montée de la pression à l'intérieur du récipient 8 de neutrali-

sation, qui pourrait être dangereuse, est ainsi évitée. Par exemple, au moins une des parois 9 latérales peuvent être munies d'au moins deux série de perçages, chaque série étant réalisée à proximité de la paroi 10a supérieure ou de la paroi 10b inférieure.

**[0061]** Un aimant est ainsi placé dans le récipient 8 de neutralisation avant son entrée dans la station 2 et y est contenu pendant au moins une partie, et de préférence pendant l'ensemble, de son passage dans la station 2 de démagnétisation. En étant contenu dans le récipient 8 de neutralisation, le champ magnétique de l'aimant à démagnétiser reste contenu dans le récipient 8 de neutralisation et n'affecte pas le four 3 de démagnétiser et/ou le tunnel 6 et/ou tout équipement dans l'environnement de l'installation 1 de recyclage.

**[0062]** Les dimensions du récipient 8 de neutralisation peuvent être déterminées en fonction du ou des aimants qui sont destinés à être placés dans le réceptacle. En effet, plus le récipient 8 est de grandes dimensions, plus l'effet d'atténuation du champ électromagnétique du ou des aimants est important. Il s'agit donc de trouver un compromis entre l'atténuation du champ électromagnétique et l'encombrement du récipient 8 de neutralisation.

**[0063]** En pratique, l'installation 1 peut être prévue pour recycler plusieurs aimants. Notamment, le récipient 8 de neutralisation peut contenir simultanément plusieurs aimants. Dans ce cas, la station 2 de démagnétisation est réglée sur la condition la plus stricte, de manière à permettre la démagnétisation de l'ensemble des aimants dans le récipient 8. Par exemple, avant l'entrée dans la station 2 de démagnétisation, les blocs magnétiques peuvent être préparés, pesés, caractérisés et triés, manuellement ou autre, en différentes catégories. Ils peuvent également être nettoyés partiellement de corps étrangers facilement détachables du reste des blocs à ce stade. Une catégorie correspond à un ensemble d'aimants pouvant passer simultanément dans la station 2 de démagnétisation. Pour chaque catégorie, une température correspondant au moins à la température de Curie la plus élevée d'une catégorie d'aimants peut être déterminée. Le four 3 de démagnétisation est alors réglé en conséquence. Il est également possible de déterminer pour chaque catégorie une valeur de champ magnétique maximale permettant la démagnétisation des aimants de la catégorie donnée, et de régler le champ magnétique maximal dans le tunnel 6 en conséquence.

**[0064]** En variante ou en combinaison, plusieurs récipients 8 de neutralisation, chacun contenant un ou plusieurs aimants à démagnétiser, peuvent être traités simultanément ou consécutivement dans la station 2 de démagnétisation. Là encore, la température du four 3 de démagnétisation ou le champ magnétique dans le tunnel 6 peuvent être réglés en fonction des aimants placés simultanément ou consécutivement dans le four 3 ou le tunnel 6. Lorsque les aimants dans plusieurs récipients 8 de neutralisation sont traités consécutivement, il n'est pas nécessaire d'attendre qu'un récipient 8 soit sorti de l'installation 1 pour y faire entrer un autre, mais l'instal-

lation 1 peut comprendre, à un instant donné, plusieurs récipients 8 de neutralisation en cours de traitement dans des stations différentes. Les cadences de traitement s'en trouvent augmentées.

**[0065]** Toutefois, la caractérisation des aimants peut s'avérer délicate, voire impossible par exemple dans le cas où l'assemblage des blocs magnétiques est complexe, ou encore par manque d'informations sur la machine dont est issu un bloc magnétique. Ainsi, en pratique, la station 2 de démagnétisation est réglée sans caractérisation préalable des aimants, par anticipation. Plus précisément, pour la démagnétisation par passage dans le four 3 de démagnétisation, celui-ci est réglé de manière préétablie, c'est-à-dire par exemple, la température du four 3 de démagnétisation est réglée sur une température maximale nominale préétablie, supérieure aux températures de Curie des aimants que l'on peut s'attendre à trouver, et suffisante pour assurer la décomposition des blocs magnétiques. De manière générale, la température préétablie maximale est au moins de 350°C, et de préférence de 380°C, et jusqu'à 450°C notamment pour les aimants permanents Néodymes-Fer-Bore, éventuellement recouverts d'une résine époxy. Il en est de même pour le tunnel 6, qui peut être réglé également de manière préétablie, par exemple sur un champ magnétique maximal nominal préétabli. Le réglage préétabli permet d'éviter d'avoir à changer les réglages de la station 2 de démagnétisation à chaque arrivage d'aimants à démagnétiser. Les valeurs du réglage préétabli sont déterminées par exemple de manière empirique, et/ou en fonction d'une prévision théorique de la nature des aimants attendus sur l'installation 1 de recyclage.

**[0066]** Lorsque plusieurs aimants D à démagnétiser sont contenus dans le récipient 8 de neutralisation, lors du passage dans le four 3 de démagnétisation, au fur et à mesure que la colle et autre adhésifs fondent, les aimants se libèrent peu à peu des éléments de leur bloc magnétique respectif. Un « chaos magnétique » se crée dans le récipient 8 de neutralisation, dans lequel les aimants cherchent à se réarranger les uns par rapport aux autres sous l'effet de leurs champs magnétiques rémanents respectifs. Au sein de ce « chaos », les aimants, en l'absence de précaution, ont des mouvements qui peuvent être dangereux pour les opérateurs et pour les équipements alentours. Le récipient 8 permet de contenir ce « chaos », assurant la sécurité et le bon déroulement de la démagnétisation, jusqu'à ce que la température du four 3 atteigne la température de Curie la plus élevée à partir de laquelle l'ensemble des aimants contenus dans récipient 8 de neutralisation sont démagnétisés.

**[0067]** Comme cela sera vu plus loin, chaque aimant à démagnétiser peut être amené sur le site de l'installation 1 de recyclage déjà contenu dans le récipient 8 de neutralisation. Ainsi, dans une étape de collecte, chaque aimant est directement, sur le site de la machine, placé dans le récipient 8 de neutralisation. Un blindage magnétique pour le transport peut alors être prévu.

**[0068]** En variante, chaque aimant à démagnétiser

peut être amené à la station 7 de placement dans un collecteur **11** intermédiaire, qui aura servi par exemple au transport de l'aimant depuis le site de la machine de laquelle il est extrait. Le collecteur 11 peut être tout type connu permettant de transporter un ou plusieurs aimants selon les exigences en vigueur. Il s'agit par exemple de boîtes ou de caisses en bois ou en carton.

**[0069]** Un tel collecteur 11 intermédiaire est inadapté pour être utilisé dans la station 2 de démagnétisation. En effet, le passage dans un four, que ce soit le four 3 de démagnétisation ou tout autre four, amènera la combustion du collecteur 11, ce qui aura pour conséquence la pollution du matériau de l'aimant, ainsi que des fumées polluantes à traiter avant rejet dans l'atmosphère. Ainsi, selon cette variante, la station 7 de placement peut comprendre avantageusement un dispositif **12** de retournement ou de basculement qui permet de vider le contenu du collecteur 11 dans le récipient 8 de neutralisation. Par exemple, le dispositif 12 de retournement ou de basculement peut comprendre un système semi-automatisé muni de bras articulés, ou un retourneur à rouleaux à galets motorisés, ou encore un tapis motorisé à ascension inclinée ou même un chariot élévateur doté d'un tablier rotatif muni d'un système de pinces spécifiques.

**[0070]** Selon un mode de réalisation, aucune précaution n'est prévue pour le transfert entre le collecteur 11 intermédiaire et le récipient 8 de neutralisation : les aimants peuvent être placés en vrac dans le collecteur 11. Par exemple, ils sont déversés sous l'effet de la gravité et/ou d'une secousse mécanique dans le récipient 8 de neutralisation. En effet, le récipient 8 de neutralisation, comme cela sera explicité plus loin, est adapté pour recevoir le déversement d'un ou plusieurs aimants. Notamment, il peut comprendre un fond renforcé permettant d'amortir les chocs causés par les aimants lors du déversement. Un dévidoir placé à l'interface entre le collecteur 11 et le récipient 8 de neutralisation, et également explicité plus loin, peut permettre de guider en toute sécurité les aimants lors de leur déversement, afin d'éviter qu'ils ne soient éjectés dans n'importe quelle direction.

**[0071]** Le récipient 8 de neutralisation contenant l'aimant à démagnétiser passe ainsi de la station 7 de placement à la station 2 de démagnétisation, dans laquelle au moins un aimant, dans le récipient 8 de neutralisation, est démagnétisé. Selon un mode de réalisation, les aimants restent contenus dans le récipient 8 de neutralisation sur l'ensemble de leur passage dans la station 2 de démagnétisation, c'est-à-dire jusqu'à la sortie du four 3 de démagnétisation ou du tunnel 6 de démagnétisation. En variante, les aimants peuvent être contenus dans le récipient 8 de neutralisation sur une partie seulement de la station 2 de démagnétisation, par exemple jusqu'à ce que le champ magnétique rémanent passe sous un seuil déterminé, en-dessous duquel il est estimé que le champ n'est plus dangereux.

**[0072]** Le réceptacle du récipient 8 de neutralisation peut être muni d'un support pour les aimants, surélevé par rapport au fond 10b du récipient 8 de neutralisation.

Le support est par exemple muni de perforations, au travers desquels des déchets, telles que les cendres de calcination, passent dans un espace de récupération entre le fond 10b et le fond surélevé. Il s'agit de déchets issus par exemple de la décomposition du bloc magnétique et/ou de la combustion d'éléments du bloc magnétique. Ce support peut être confondu avec le fond renforcé.

**[0073]** L'aimant en sortie de la station 2 de démagnétisation peut ensuite être extrait du récipient 8 de neutralisation en toute sécurité. Il peut alors être transféré dans une station **13** de nettoyage de l'installation 1 de recyclage, dans laquelle l'aimant est débarrassé des éléments du bloc magnétique qui y seraient encore attachés et/ou des éventuelles impuretés, et notamment de leur support, des résines de vernis et des colles : on parle alors de dislocation de l'aimant. Par exemple, la station 13 de finalisation peut comprendre une table vibrante **14**, sous basse pression, au cours de laquelle les éléments du bloc magnétiques qui sont encore attachés à l'aimant sont séparés physiquement de l'aimant. Les adhésifs du bloc magnétique ayant au moins en partie fondu, cette séparation et un tri physiques préalables peuvent être réalisés manuellement. Les éléments structurants (capots, vis, semelles magnétiques, carter, ...) autres que les aimants (blocs magnétiques) sont évacués dans des bacs dédiés de récupération des métaux et alliages, pour être acheminés dans des filières de recyclage dites classiques. La station 13 de post-traitement peut comprendre en outre une machine **15** à laver et à sécher dans laquelle par exemple les blocs magnétiques ou les aimants seul sont plongés dans un bain d'huile ou brouillard d'huile puis refroidis. Les opérations de nettoyage, de séparation déconstruction mécanique sur la table vibrante et/ou dans la machine de lavage et de séchage, sont de préférence réalisées sous vide, de manière à limiter la pénétration de polluants dans la matière de l'aimant et l'altération de la surface de l'aimant par oxydation ou décarburation.

**[0074]** En sortie de l'installation 1, et/ou juste après la station 2 de démagnétisation, le ou les aimants peuvent subir un contrôle magnétique à température ambiante, permettant ainsi de mesurer le champ magnétique rémanent et/ou le champ magnétique coercitif résiduels à l'aide par exemple d'un hystérésigraphe.

**[0075]** Chaque aimant ainsi démagnétiser et nettoyer peut ensuite être valorisé dans une station de revalorisation. Par exemple :

- l'aimant peut être conditionné en l'état, manuellement ou semi automatiquement, dans des bacs plastiques durables
- l'aimant peut être usiné, sous vide, jusqu'à obtenir une taille et une forme déterminée pour un nouvel usage ;
- l'aimant peut être broyés finement, sous vide, jusqu'à l'obtention d'une poudre, laquelle peut être calibrée et conditionnée en fûts hermétiques ;

- l'aimant peut être fondu par voie de fusion sous vide, puis coulé et dimensionné, avec d'autres aimants démagnétisés et fondus, en lingotage, ou dimensionnés à la demande. Les lingots composés d'alliages résultants de ces opérations sont ensuite conditionnés, par exemple sur des palettes sous housse ou film plastique emballage anticorrosion des matériaux (type VCI), pour être expédiés.

**[0076]** Eventuellement, l'aimant peut être analysé à différents endroits sur l'installation 1 pour caractériser sa composition. Par exemple, l'installation 1 peut comprendre un spectromètre laser - en ligne (type LIBS), ne nécessitant pas l'arrêt de l'installation et/ou l'extraction de l'aimant hors de l'installation 1, de sorte que la valorisation comprend la détermination des composants de chaque aimant.

**[0077]** Entre les stations 1, 7 et 13 de l'installation, un système de convoyage automatisé ou manuel en continu peut être prévu, facilitant le transport du récipient 8 de neutralisation et des aimants entre les stations 2, 7 et 13. Notamment, grâce à l'utilisation du récipient 8 de neutralisation, un convoyage entre la station 7 de placement et la station 2 de démagnétisation ne requiert aucune précaution particulière, facilitant sa mise en œuvre.

**[0078]** Ainsi, le procédé de recyclage d'un ou plusieurs d'aimants au sein de l'installation 1 de recyclage peut comprendre :

- une étape de collecte des aimants ;
- une étape de placement des aimants D dans le récipient 8 de neutralisation, qui peut comprendre une opération de déversement des aimants dans le récipient 8 de neutralisation à partir du collecteur 11 intermédiaire dans la station 7 de placement, ou le placement des aimants dans au moins un récipient 8 de neutralisation directement depuis le site d'exploitation de la ou des machines machine desquelles les aimants sont extraits ;
- le cas échéant, une étape de transport des aimants contenus dans au moins un récipient 8 de neutralisation jusqu'à l'installation 1 de recyclage ;
- une étape de démagnétisation comprenant par exemple une opération de chauffage dans le four 3 de démagnétisation et/ou une opération de cyclage par impulsion de champs électromagnétiques décroissants dans le tunnel 6, dans laquelle les aimants D à démagnétiser sont toujours contenus dans le récipient 8 de neutralisation ;
- une étape de nettoyage comprenant par exemple le passage par la table vibrante 14 et/ou le passage dans la machine 15 à laver et à sécher ;
- une étape de valorisation dans lequel les aimants D démagnétisés sont réutilisés ou retravaillés (usinage, fonte, broyage, ...) avant réutilisation.

**[0079]** Bien que le procédé décrit ci-dessus met en oeuvre systématiquement le récipient 8 de neutralisation

dans la station 7 de placement, il peut être mis en œuvre sans le récipient 8 de neutralisation, notamment lorsque les aimants à traiter sont de faible puissance et/ou ils ne peuvent pas être disloqués de leur support, le champ magnétique autour de ces aimants n'ayant qu'un faible impact sur les équipements de l'installation 1 et autour de l'installation 1. Dans ce cas, l'installation 1 peut comprendre un système de convoyage sur lequel les aimants sont placés et convoyés dans les différentes stations.

Par exemple, le système de convoyage peut comprendre un dispositif de type chariot ou luge sur lequel les aimants, éventuellement fixés sur leur support, et des rouleaux motorisés assurant le convoyage. Les aimants peuvent alors être traités dans l'installation 1 les uns à la suite des autres, en continu.

**[0080]** Afin de faciliter le transport des aimants à démagnétiser, selon un mode de réalisation déjà évoqué ci-dessus, le récipient 8 de neutralisation peut être utilisé dès l'étape de collecte des aimants sur le site de la machine correspondante. Un blindage magnétique est alors prévu notamment pour permettre le transport.

**[0081]** En effet, les aimants de forte puissance posent problème lors de leur transport, car leur champ magnétique peut interférer par exemple avec les équipements du véhicule de transport, mais également avec les équipements des opérateurs ou de toute personne se trouvant à proximité, et portant un dispositif médical électronique, tel qu'un pacemaker par exemple, ou métallique telle qu'une prothèse.

**[0082]** A cet effet, le récipient 8 de neutralisation fait partie d'un dispositif 100 de transport et de traitement permettant d'assurer la sécurité dans l'environnement des aimants pendant leur transport jusqu'à l'installation 1 de recyclage.

**[0083]** Plus précisément, le récipient 8 de neutralisation comprenant les parois 9, 10a, 10b en matériau amagnétique forme un récipient dit interne.. Le dispositif 100 de transport et de traitement comprend alors une coque **101** dite externe, assemblée de manière amovible au récipient 8 de neutralisation de manière à entourer au moins en partie et à contenir le récipient 8 de neutralisation.

**[0084]** Plus précisément, le dispositif 100 comprend un système **102** d'assemblage amovible de la coque 101 externe avec le récipient 8 de neutralisation, de sorte que le dispositif 100 de transport et de traitement peut prendre deux états :

- un état assemblé dit de transport, dans lequel la coque 101 externe est solidaire du récipient 8 de neutralisation et recouvre au moins en partie le récipient 8 de neutralisation. Dans cet état, la coque 101 externe assure le blindage électromagnétique de autour du récipient 8 de neutralisation. En d'autre termes encore, dans l'état de transport, un aimant contenu dans le réceptacle formé par le récipient 8 de neutralisation est également contenu dans la coque 101 externe ;

- un état désassemblé dit de traitement, dans lequel la coque 101 externe est séparée physiquement du récipient 8 de neutralisation, de sorte que l'aimant est contenu uniquement dans le réceptacle du récipient 8 de neutralisation, le récipient 8 de neutralisation étant alors particulièrement destiné à être utilisé dans l'installation 1 de recyclage décrite ci-dessous.

**[0085]** Le système 102 d'assemblage peut être de tout type. Par « amovible » on désigne ici la propriété du système d'assemblage à être retiré sans destruction du système 102 d'assemblage lui-même ni de la coque 101 externe ni du récipient 8 de neutralisation.

**[0086]** Selon un premier mode de réalisation, il est de type glissière. A cet effet, le dispositif 100 de transport et de traitement comprend une ossature **103**, de préférence dans le même matériau amagnétique que le récipient 8 de neutralisation. L'ossature 103 comprend par exemple des montants **104**, qui peuvent être des tubes section carrée ou rectangulaire et/ou creux selon l'exemple des figures 4 à 8, sur lesquels le récipient 8 de neutralisation est fixé par exemple par soudage. Plus précisément, le récipient 8 de neutralisation peut se présenter sous la forme d'un cube ou parallélépipède, et les tubes 104 de l'ossature sont disposés sensiblement le long des arrêtes du récipient 8 de neutralisation. Le dispositif 102 d'assemblage est alors de type glissière et comprend par exemple des cornières **105**, en forme de L, fixées sur les montants 104. Par exemple, le récipient 8 de neutralisation est fixé de manière rigide sur une face des montants 104 de section carrée ou rectangulaire, et au moins une cornière 105 est fixée sur la face opposée. La coque 101 externe comprend alors un ensemble de panneaux **106** venant se glisser sur les cornières 105, entre deux montants 104 de l'ossature 103, autour du récipient 8 de neutralisation. De préférence, les panneaux 106 sont dimensionnés de manière à recouvrir les montants 104 lorsque le dispositif 100 est dans l'état de transport. En d'autres termes, l'ossature 103 est également contenue dans la coque 101 externe dans l'état de transport.

**[0087]** Dans le cas où le récipient 8 est de forme parallélépipédique, la coque 101 externe peut comprendre alors six panneaux 106 sensiblement rectangulaires chacun en vis-à-vis d'une paroi 9, 10a, 10b du récipient 8 de neutralisation, afin d'entourer complètement le récipient 8 de neutralisation. Les panneaux 106 peuvent être bloqués sur les cornières 105, par exemple par boulonnage ou à l'aide de goupilles en acier inoxydable, afin d'éviter qu'elles ne glissent pendant la manipulation du dispositif 100, brisant le blindage. Ainsi, lorsque la coque 101 externe est séparée du récipient 8 de neutralisation, pour mettre le dispositif 100 de transport et de traitement dans l'état de traitement, les panneaux 106 sont retirés un à un par glissement en dehors des cornières 105. A l'inverse, pour mettre le dispositif 100 de transport et de traitement dans l'état de transport, chaque panneau 106 est simplement glissé entre les cornières 105 par-dessus

les montants 104.

**[0088]** Bien que l'exemple présenté concerne un récipient 8 de neutralisation et un coque 101 de forme sensiblement parallélépipédique, ils peuvent prendre tout forme en fonction des besoins. Par exemple, ils peuvent être de forme cylindrique, le récipient 8 de neutralisation comprenant une paroi supérieure, et une paroi inférieure sensiblement planes et circulaires, et une paroi latérale sensiblement cylindrique. La coque 101 interne peut comprendre une forme correspondante à celle du récipient 8 de neutralisation, par exemple cylindrique dans l'exemple précédent, mais pas nécessairement.

**[0089]** La coque 101 externe peut entourer le récipient 8 de neutralisation uniquement partiellement. Notamment, les lignes de champ magnétique s'échappant du récipient 8 de neutralisation suivent sensiblement les faces des parois du récipient 8, c'est-à-dire qu'elles sont sensiblement perpendiculaires, ou légèrement inclinées par rapport à la perpendicularité, aux faces du récipient 8. Ainsi, les lignes de champ s'échappant par les parois 9 latérales du récipient 8 de neutralisation sont susceptibles d'agir sur les personnes et les objets situées autour du récipient, tandis que les lignes de champs s'échappant par la paroi 10a supérieure sont dirigées vers le haut et les lignes de champ s'échappant par la paroi 10b inférieure sont dirigée vers le sol, là où la probabilité de présence de personnes et d'objets est plus faible. Ainsi, la coque 101 externe peut ne recouvrir que les parois 9 latérales, ou les parois 9 latérales et la paroi 10b inférieure ou la paroi 10a supérieure, ou l'ensemble des parois 9, 10a, 10b du récipient. Le choix peut être fait notamment en fonction des applications, et/ou de la robustesse et de la légèreté requises. Notamment, dans le cas d'un transport aérien du dispositif 100, il est recommandé de couvrir l'ensemble des parois 9, 10a, 10b du récipient 8 de neutralisation pour limiter tout risque d'interférence avec des équipements électroniques.

**[0090]** De préférence, le passage de l'état de transport à l'état de traitement, et inversement, ne nécessite pas d'outillage.

**[0091]** En position de transport, un écart E est maintenu entre le récipient 8 de neutralisation et la coque 101 externe, la dimension de cet écart correspondant à une épaisseur des montants 14 de l'ossature. La dimension de l'écart E peut être ajustée en fonction notamment de la puissance du ou des aimants à contenir dans le dispositif 100 et de besoins en termes de réduction du champ électromagnétique mesuré à l'extérieur du dispositif 100.

**[0092]** La coque 101 externe forme un blindage électromagnétique autour du récipient 8 de neutralisation, et comprend à cet effet la superposition d'au moins trois couches, à savoir :

- Une couche **107** paramagnétique ;
- Une couche **108** diamagnétique ;
- Une couche **109** antiferromagnétique.

**[0093]** Ces couches peuvent être à grains orientés croisés, c'est-à-dire que les grains des couches 107 paramagnétique et 108 diamagnétique sont orientés dans des directions opposées. Les grains de la couche 109 antiferromagnétique peuvent être orientés de manière quelconque. Ainsi, sous l'effet d'un champ magnétique, les lignes champ magnétique suivent l'orientation des grains dans chaque couche, de manière à s'opposer et à annuler le champ magnétique traversant les parois 9, 10. Le champ magnétique produit par le ou les aimants dans le récipient 8 de neutralisation reste alors contenu à l'intérieur du récipient 8 de neutralisation.

**[0094]** Plus précisément, selon le premier mode de réalisation, chaque panneau 106 comprend une superposition de ces trois couches 107, 108, 109 chacune sous forme de plaque : la plaque de la couche 107 paramagnétique est prévue pour être orientée en direction du récipient 8 de neutralisation lorsque le dispositif 100 est dans l'état de transport tandis que la plaque de la couche 109 antiferromagnétique est orientée à l'opposée, vers l'extérieur de la coque 101 externe. La plaque de la couche 108 diamagnétique est la couche intermédiaire, interposée entre les deux autres plaques des couches 107, 109.

**[0095]** Selon un mode de réalisation, la couche 107 paramagnétique est réalisée en alliage Fer-Silicium (Fe-Si) ou Fer-Cobalt (FeCo) à grains orientés, la couche 108 diamagnétique est réalisée en Cuivre (Cu) et la couche antiferromagnétique est réalisée en mu-métal.

**[0096]** L'épaisseur de chaque couche 107, 108, 109 peut être déterminée en fonction des besoins en blindage.

**[0097]** Les trois plaques formant les couches 107, 108, 109, sont maintenues rigidement ensemble de manière à former un panneau 106 par exemple à l'aide d'attaches **110** de type pince, et/ou par sertissage et/ou par soudage périphérique. Les attaches 110 facilitent la manipulation des panneaux 106 chacun d'un seul tenant pour passer de l'état de transport à l'état de traitement et inversement.

**[0098]** Le ou les aimants usagés peuvent être placés dans le dispositif 100 de transport et de chargement de plusieurs manières.

**[0099]** Une première manière est particulièrement adaptée lorsque plusieurs aimants doivent être placés dans le même dispositif 100 de transport et de traitement, et consiste à déverser les aimants sans précaution particulière. A cet effet notamment, le récipient 8 de neutralisation comprend la paroi 10a supérieure qui peut former un système de fermeture amovible par exemple sous forme de trappe **111**, et qui donne accès au réceptacle du récipient 8 de neutralisation. La trappe 111 est par exemple formée de plusieurs sections 112 sur une paroi du récipient 8 de neutralisation. Chaque section 112 est montée pivotante sur un montant 104 de l'ossature 103 par exemple l'aide d'une charnière. Chaque section 112 est montée sur ressorts calibrés de sorte que chaque section peut pivoter vers l'intérieur du réceptacle du récipient 8 de neutralisation sous l'effet d'un poids déter-

miné. Un pivotement vers l'extérieur n'est de préférence pas permis, empêchant la trappe 111 de s'ouvrir par l'intérieur sous le poids des aimants. Un panneau 106 de la coque 101 externe peut recouvrir la trappe 111 lorsque le dispositif 100 est dans l'état de transport.

**[0100]** Ainsi, des aimants D en vrac dans un bac peuvent être chargés dans le réceptacle du le récipient 8 de neutralisation en retirant le panneau 106 qui recouvre la trappe 111, la trappe 111 étant alors orientée vers le haut. Les aimants D sont ensuite déversés par gravité. Les sections 12 pivotent sous le poids des aimants D, ces derniers tombant à l'intérieur du réceptacle du récipient 8 de neutralisation.

**[0101]** Eventuellement, un dévidoir **113** placé à l'interface entre le collecteur 11 intermédiaire et le récipient 8 de neutralisation peut guider la chute des aimants dans le dispositif 100 en toute sécurité.

**[0102]** Afin de recevoir les aimants D déversés, et comme abordé plus haut, le réceptacle à l'intérieur du récipient 8 de neutralisation est adapté pour support le choc des aimants D déversés. Plus précisément, à cet effet, le réceptacle du récipient 8 de neutralisation est muni d'un fond **114** renforcé, en face de la trappe 111. Le fond 114 renforcé est formé de manière à absorber les chocs, évitant au matériau formant les parois du récipient 8 de neutralisation de se déformer. Il comprend par exemple un caillebotis surélevé par rapport au fond du récipient 8 de neutralisation, c'est-à-dire à distance de la paroi du récipient 8 de neutralisation qui fait face à la trappe 111, et est recouvert d'un treillis. La souplesse du treillis est déterminée de manière à absorber le choc des aimants D déversés en vrac lors de leur chute. A cet effet, il peut notamment être ondulé. Le treillis peut en outre être perforé, de manière à permettre, comme évoqué plus haut, la récupération des déchets dans un espace de récupération, sous le fond 114 renforcé. Enfin, le treillis et/ou le caillebotis peuvent être en matériau ferromagnétique, de manière à exercer une force d'attraction sur les aimants D dans le réceptacle du récipient 8 de neutralisation et limiter les mouvements des aimants D à l'intérieur du récipient 8 de neutralisation.

**[0103]** Afin de faciliter le nettoyage de l'espace de récupération, et notamment la vidange des cendres pouvant s'y trouver, en plus ou à la place de la paroi 10a supérieure, un dispositif de fermeture amovible peut être formé sur la paroi 10b inférieure du récipient 8 de neutralisation.

**[0104]** De manière avantageuse, le fond 114 renforcé peut être amovible, en étant par exemple fixé par glissière ou par un système vis/écrou dans le réceptacle du récipient 8 de neutralisation. Le fond 114 renforcé peut ainsi aisément être remplacé notamment en cas d'usure ou de casse dus aux chocs répétés.

**[0105]** Selon un mode de réalisation, le récipient 8 de neutralisation peut comprendre une voire deux portes 115 d'accès, en complément ou en variante de la trappe 111. Les portes 115 d'accès sont situées latéralement, sur un côté du dispositif 100, c'est-à-dire qu'elles donnent

accès sur un côté du fond du récipient 8 de neutralisation et/ou du fond 114 renforcé. Elles sont articulées en rotation par exemple par des paumelles 116 sur des montants 104 de l'ossature 103, et des gâches de verrouillage intégrées permettent de bloquer ou d'autoriser leur ouverture. Les portes 115 facilitent notamment l'accès aux aimants D, par exemple une fois ceux-ci traités dans l'installation 1 de recyclage, et le nettoyage de l'espace de récupération. Elles sont recouvertes d'un panneau 106 de la coque 101 externe lorsque le dispositif 100 de transport et de traitement est dans l'état de transport.

**[0106]** Afin de faciliter la manutention du dispositif 100 de transport et de traitement, le dispositif 100 peut comprendre des organes de coopération avec des engins de manutention. Par exemple, le dispositif 100 peut comprendre en outre des pieds 117 fixés sur l'ossature 103, par l'intermédiaire desquels le dispositif 100 peut reposer sur le sol. Les pieds 117 sont par exemple creux, et dimensionnés pour permettre à des fourches d'un engin de manutention, par exemple de type chariot élévateur, de s'insérer dans les pieds et de déplacer le dispositif 100 de transport et de traitement. En variante ou en complément, l'ossature 103 peut être munie d'œillets 118 de levage par élingage. Des avaloirs 119 peuvent également être formés, de manière à faciliter l'empilage et le transport des dispositifs 100 de traitement et de transport.

**[0107]** En variante ou en complément, le dispositif 100 de traitement et de transport peut comprendre un système d'insertion d'au moins un aimant dans le réceptacle du récipient 8 de neutralisation, permettant d'accompagner l'aimant notamment lorsque ce dernier est particulièrement lourd pour être déplacé par un seul opérateur. Le système d'insertion comprend ainsi au moins une entrée refermable, disposée latéralement et donnant accès à l'intérieur du réceptacle du récipient 8, ainsi qu'un dispositif de guidage, par exemple par glissement sur des rails ou des rouleaux. L'entrée refermable peut comprendre par exemple les portes 115 latérales décrite plus haut.

**[0108]** En variante encore, le récipient 8 de neutralisation peut comprendre deux ouvertures en vis-à-vis l'une de l'autre, sur des parois 9 latérales, de sorte qu'un aimant peut être tiré et/ou poussé depuis l'extérieur à l'intérieur du réceptacle du récipient 8 de neutralisation, par un système de traction dédié. Par exemple, un tel système de traction peut comprendre des moyens de guidage de l'aimant, par glissière. Un tel système permet également de tirer plusieurs aimants dans le réceptacle du récipient 8 de neutralisation, les uns à la suite des autres, en file indienne. Le système de traction facilite le placement des aimants dans le réceptacle du récipient 8 de neutralisation notamment lorsqu'ils sont d'une masse élevée. Un système de fermeture amovible de chacun des deux ouvertures est alors prévu.

**[0109]** Afin de prévenir des personnes de la présence d'un aimant dans le récipient 8 de neutralisation, le dispositif 100 peut comprendre un système d'alarme, com-

prenant par exemple un indicateur lumineux s'activant sous l'effet du champ magnétique de l'aimant dans le récipient 8 de neutralisation.

**[0110]** Selon un deuxième mode de réalisation, la coque 101 comprend toujours des panneaux 106 de manière à entourer le récipient 8 de neutralisation, et le système 102 d'assemblage comprend des liaisons 120 fixes, c'est-à-dire destinées à rester en place et à assurer une liaison de manière permanente entre au moins une partie des panneaux 106. Selon une réalisation illustrée sur la figure 9, les liaisons 120 fixes sont articulées, par exemple de type charnière, et permettent d'obtenir une forme plane dépliée correspondant au moins en partie à la forme finale de la coque 101 externe lorsque le dispositif 100 est dans l'état de transport. En rabattant au moins une partie des panneaux 106 les uns vers les autres, la coque 101 externe se referme au moins en partie de manière à pouvoir contenir le récipient 8 de neutralisation. Le système 102 d'assemblage peut alors comprendre de plus un système 121 de verrouillage, permettant de maintenir les panneaux 106 les uns contre les autres. Plus précisément, selon la réalisation illustrée sur la figure 9, les panneaux 106 sont de forme sensiblement rectangulaire. Quatre panneaux 106, dit latéraux, sont connectés chaque sur un bord d'un cinquième panneau 106, dit panneau 106 supérieur à l'aide d'une liaison 120 fixe. Dans la forme plane dépliée, les panneaux 106 latéraux et de fond sont sensiblement coplanaires.

**[0111]** Selon ce mode de réalisation, la coque 101 externe peut être placée sur le récipient 8 de neutralisation à la manière d'une cloche : en soulevant les panneaux articulés les uns par rapport aux autres, la forme se referme sous l'effet du poids des panneaux 106 latéraux qui pivotent à 90° sous l'effet de la gravité autour du panneau 106 supérieur, les panneaux 106 latéraux venant en contact bord à bord les uns avec les autres. Elle peut ensuite être posée par-dessus le récipient 8 de neutralisation. Eventuellement, les panneaux 106 latéraux sont munis de pions 122 venant en butée contre le récipient 8 de neutralisation, de manière à maintenir un écart comme vu plus haut. Là encore, la dimension de l'écart est ajustable en fonction des besoins en dimensionnant les pions 122 à cet effet. Le système 109 de verrouillage est alors actionné pour maintenir les panneaux 106 latéraux dans cette position.

**[0112]** Le panneau 106 supérieur peut comprendre une ouverture 123, de manière à laisser accès par exemple à la trappe 111 sur le récipient 8 de neutralisation. Un sixième panneau 106 faisant office de couvercle (à droite sur la figure 9) peut alors être rapporté et éventuellement fixé de manière amovible afin de recouvrir l'ouverture 123.

**[0113]** Ainsi, à l'exception de la surface 9 inférieure du récipient 8 de neutralisation, la coque 101 externe recouvre le récipient 8 de neutralisation et le dispositif 100 de transport et de traitement est alors dans l'état de transport.

**[0114]** Pour retirer la coque 101 externe, le panneau

106 faisant office de couvercle est retiré, le système 121 de verrouillage est désactivé pour libérer les quatre panneaux 106 latéraux autour du panneau 106 de fond. Les panneaux 106 latéraux sont ensuite remis dans la position plane dépliée par rapport au panneau 106 de fond par rotation autour des liaisons 120 fixes de type charnière. Le récipient 8 de neutralisation peut alors être prélevé, de sorte que le dispositif 100 est dans l'état de traitement, et peut être placé dans l'installation 1 de recyclage.

**[0115]** Le système 121 de verrouillage comprend par exemple des fermoirs, qui coopèrent deux à deux.

**[0116]** De préférence, pour actionner ou pour désactiver le système 121 de verrouillage, aucun outillage n'est requis.

**[0117]** Selon ce deuxième mode de réalisation, le récipient 8 de neutralisation peut comprendre les mêmes dispositions que celles décrites pour le premier mode de réalisation, et notamment la trappe 111 et/ou les portes 115 latérales, accessibles en retirant le panneau 106 faisant office de couvercle ou en dépliant au moins en partie les autres panneaux 106.

**[0118]** Selon ce deuxième mode de réalisation, les organes de coopération avec des engins de manutention comprennent par exemple quatre ouvertures 124 dans le panneau 106 supérieur permettant l'insertion de fourches d'un engin de manutention, par exemple de type chariot élévateur pour soulever les panneaux 106 et les poser par-dessus le récipient 8 à la manière d'une cloche. Dans ce cas, les fourches sont insérées entre la coque 101 externe et le récipient 8 de neutralisation, grâce à l'écart maintenu avec les pions 122. En variante ou en combinaison, le panneau 106 faisant office de couvercle peut comprendre des poignées, par exemple rapportées est fixées par soudage sur le panneau 106 faisant office de couvercle, afin de faciliter la manutention du dispositif 100 de transport et de traitement.

**[0119]** La coque 101 externe formant cloche de ce deuxième mode de réalisation peut être utilisée en combinaison avec la coque 101 externe du premier mode de réalisation comprenant les panneaux 106 montés par glissement sur les cornières 105. Cette combinaison permet notamment d'augmenter l'efficacité du blindage électromagnétique ou encore de pallier à l'absence d'un panneau 106 glissant.

**[0120]** Ainsi, lorsqu'un aimant usagé monté dans une machine doit être transporté par exemple pour être amené jusqu'à l'installation 1 de recyclage, il est d'abord collecté sur le site de la machine, puis placé dans le dispositif 100 de transport et de traitement, qui est ensuite mis dans l'état de transport. La coque 101 externe assure le blindage électromagnétique, diminuant voire annulant tout problème d'interférence entre l'aimant et l'environnement, et notamment avec des équipements d'un véhicule de transport. L'aimant est ainsi acheminé en toute sécurité sur le site de l'installation 1 de recyclage. La coque 101 externe est retirée, laissant l'aimant dans le réceptacle du récipient 8 de neutralisation, lequel peut

alors directement être passé dans la station 2 de démagnétisation. Les manipulations directes et dangereuses de l'aimant sont ainsi réduites. La sécurité s'en trouve augmentée. Le niveau de précaution à prendre sur le site de l'installation 1 de recyclage est réduit, facilitant le recyclage et augmentant la revalorisation de l'aimant.

**[0121]** Le dispositif 100 de traitement et de transport peut ainsi être utilisé depuis l'étape de collecte jusqu'à la fin de l'étape de démagnétisation, et notamment le traitement thermique de démagnétisation, puis être réutilisé en boucle logistique fermée.

**[0122]** Les matériaux récupérés des aimants, et notamment les terres rares, peuvent être réintroduits dans d'autres procédés de différentes voies de transformation. Le réemploi de ces matériaux recyclés dans une économie circulaire permet d'envisager de nouvelles fabrications et applications industrielles.

**[0123]** Comme il ressort de la description qui précède, le dispositif 100 de transport et de traitement est particulièrement adapté à la mise en œuvre du procédé de recyclage dans l'installation 1 de recyclage, puisqu'il permet de limiter les manipulations dangereuses des aimants : une fois les aimants placés dans le dispositif 100, ils y restent contenus jusqu'à leur démagnétisation dans l'installation 1 de recyclage. Toutefois, le dispositif 100 de transport et de traitement peut être utilisé indépendamment du procédé et de l'installation 1 de recyclage.

## Revendications

1. Procédé de recyclage d'au moins un aimant (D) dans une installation (1) de recyclage, le procédé comprenant une étape de démagnétisation de l'au moins un aimant (D), le procédé étant **caractérisé en ce que**, avant l'étape de démagnétisation, il comprend une étape de placement de l'aimant à l'intérieur d'un récipient (8) de neutralisation, ledit récipient (8) de neutralisation comprenant des parois (9, 10) formant un réceptacle fermé pour contenir ledit au moins un aimant (D), les parois (9, 10) étant réalisées au moins en partie en matériau métallique amagnétique, l'aimant (D) étant contenu dans le récipient (8) de neutralisation pendant au moins une partie de l'étape de démagnétisation.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'aimant (D) est, pendant au moins une partie de l'étape de démagnétisation, partie d'un bloc magnétique comprenant des éléments assemblés au moins en partie par liant à l'aimant.
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape de démagnétisation comprend au moins une opération de chauffage à une température maximale supérieure ou égale à la température de Curie de l'au moins un aimant à

- démagnétiser.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape de démagnétisation comprend au moins une opération de cyclage par impulsion de champs électromagnétiques décroissants. 5
  5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant, après l'étape de démagnétisation, une étape de chauffe de l'aimant à une température inférieure à la température de Curie de l'aimant. 10
  6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant, après l'étape de démagnétisation, une étape de nettoyage de l'aimant. 15
  7. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel l'étape de nettoyage comprend une dislocation de l'aimant. 20
  8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes pour une pluralité d'aimants (D), dans lequel l'étape de placement de la pluralité d'aimants (D) est réalisée en vrac dans le récipient (8) de neutralisation. 25
  9. Procédé selon la revendication précédente, comprenant une étape préalable de collecte d'au moins une partie de la pluralité d'aimant (D) dans un collecteur (11) intermédiaire, l'étape de placement dans le récipient (8) de neutralisation comprenant une opération de déversement du contenu du collecteur intermédiaire dans le récipient (8) de neutralisation. 30  
35
  10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel on utilise un dévidoir (113) à l'interface entre le collecteur (11) intermédiaire et le récipient (8) de neutralisation pour déverser les aimants. 40
  11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes comprenant une étape préalable de collecte et une étape de transport de l'au moins un aimant (D), l'étape de collecte comprenant l'extraction de l'au moins un aimant (D) d'une machine sur un site d'exploitation de la machine, l'étape de transport comprenant le transport depuis le site d'exploitation de la machine jusqu'à l'installation (1) de recyclage, l'étape de placement dans le récipient (8) de neutralisation étant réalisé avant l'étape de transport, de sorte que le au moins un aimant (D) est contenu dans le récipient (8) de neutralisation pendant l'étape de transport. 45  
50  
55
  12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le matériau amagnétique est un acier inoxydable austénitique.
  13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le au moins un aimant est un aimant de forte puissance.
  14. Installation (1) de recyclage d'au moins un aimant (D) pour la mise en œuvre du procédé de démagnétisation selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant au moins une station (2) de démagnétisation et au moins une station (7) de placement dans un récipient (8) de neutralisation, ledit récipient de neutralisation comprenant des parois (9, 10) formant un réceptacle fermé pour ledit au moins un aimant (D), les parois (9, 10) étant réalisées au moins en partie en matériau métallique amagnétique.

[Fig. 1]

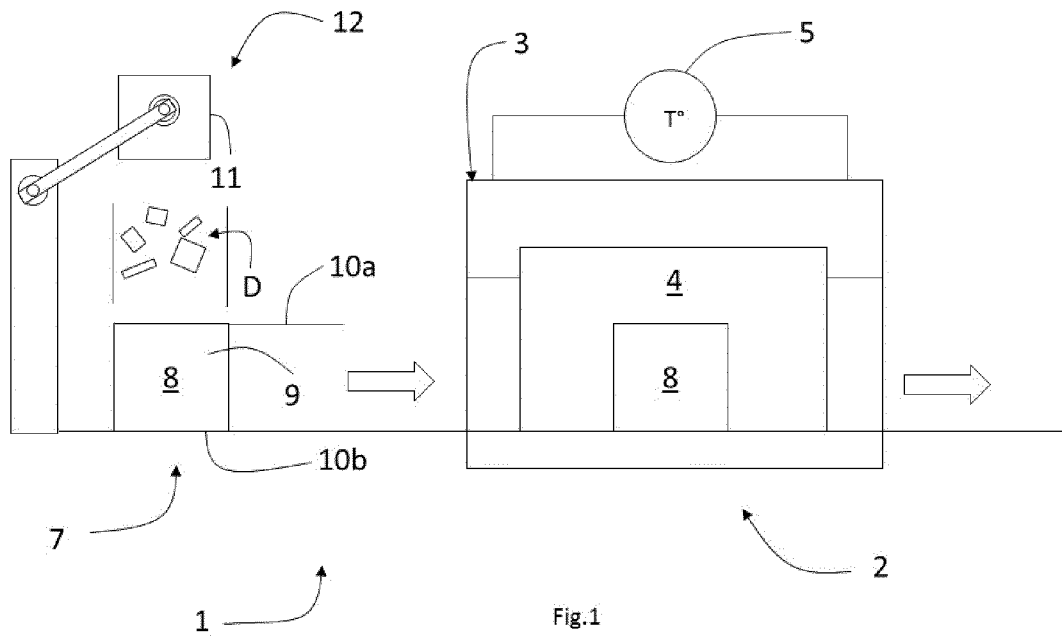


Fig.1

[Fig. 2]

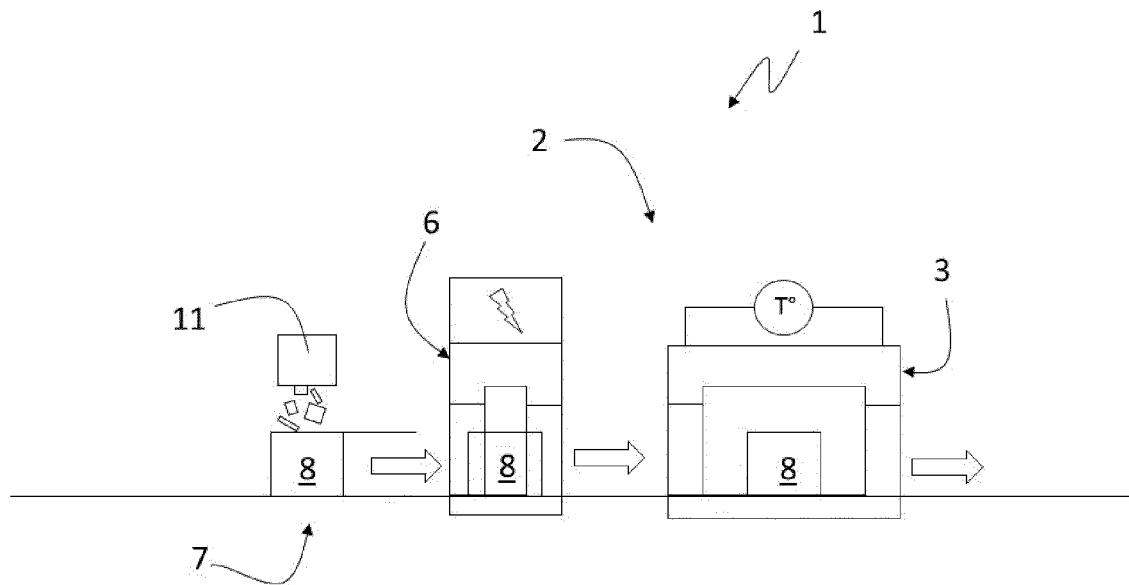


Fig.2

[Fig. 3]

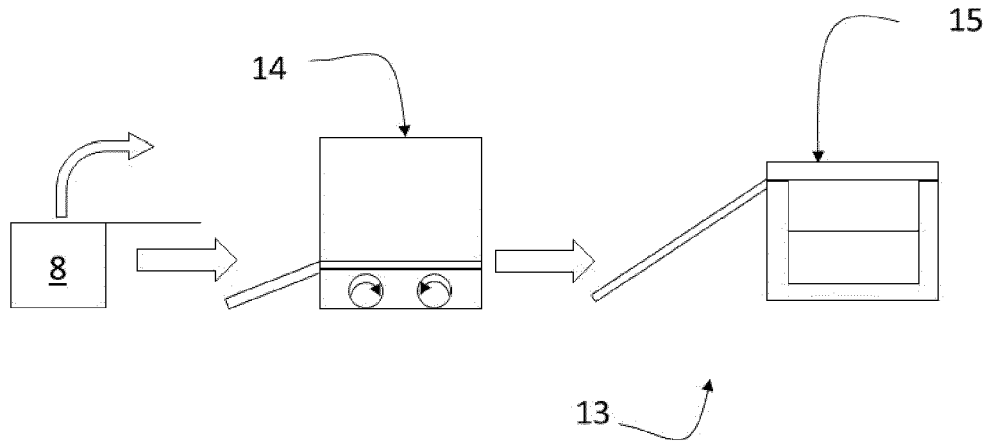


Fig.3

[Fig. 4]

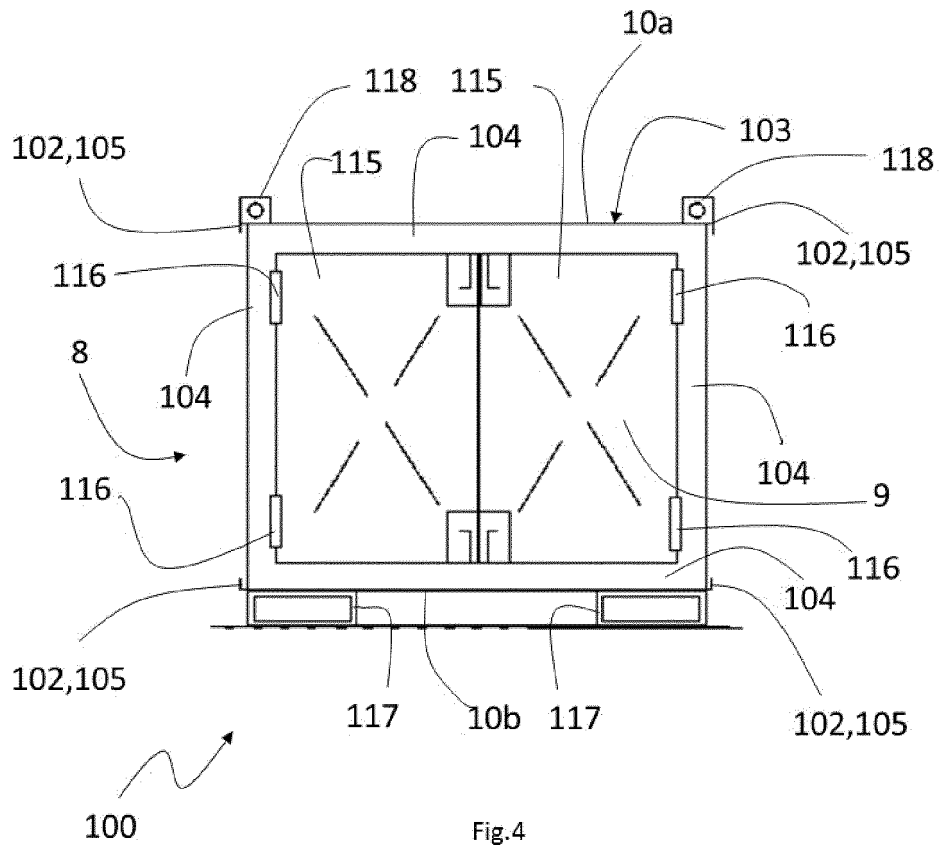


Fig.4

[Fig. 5]

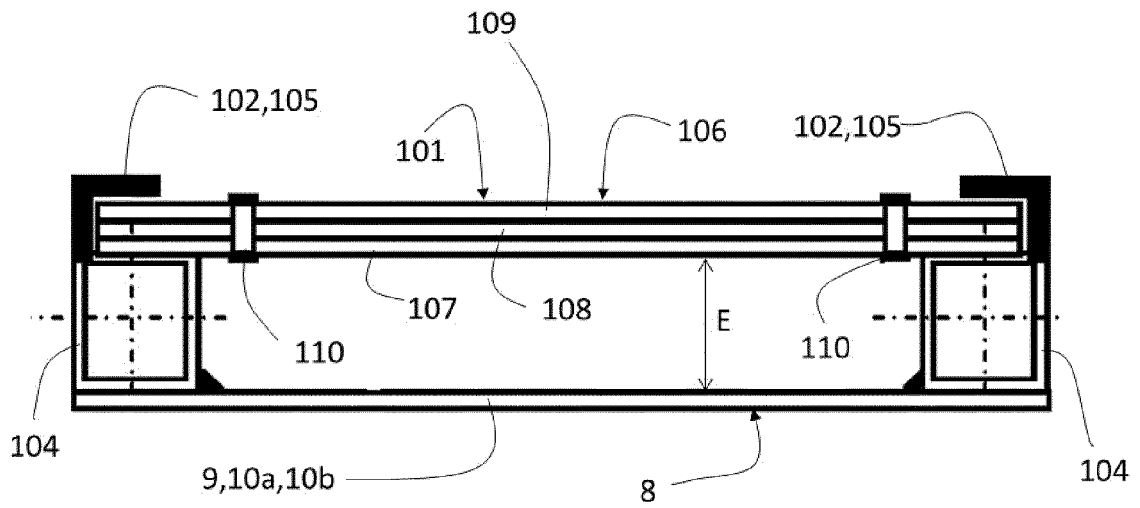


Fig.5

[Fig. 6]

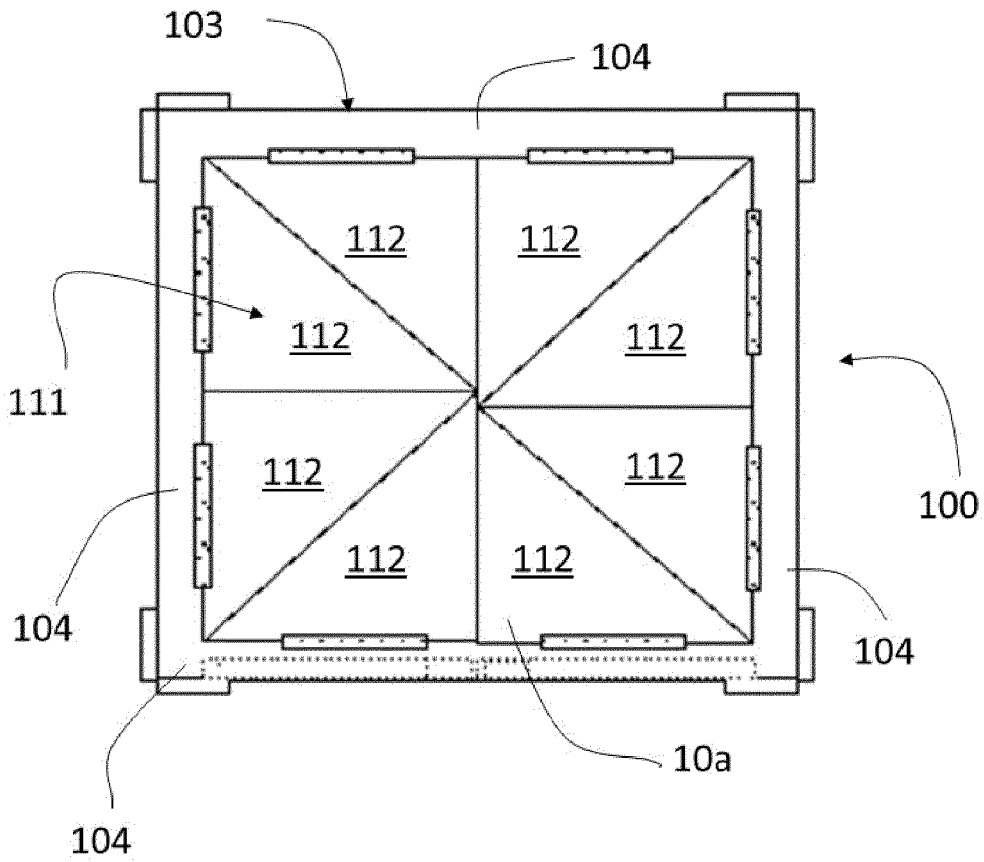


Fig.6

[Fig. 7]

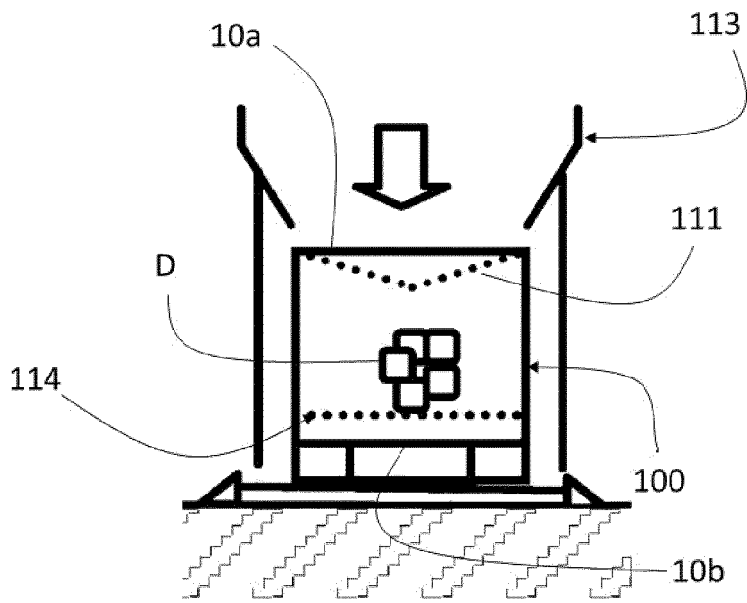


Fig.7

[Fig. 8]

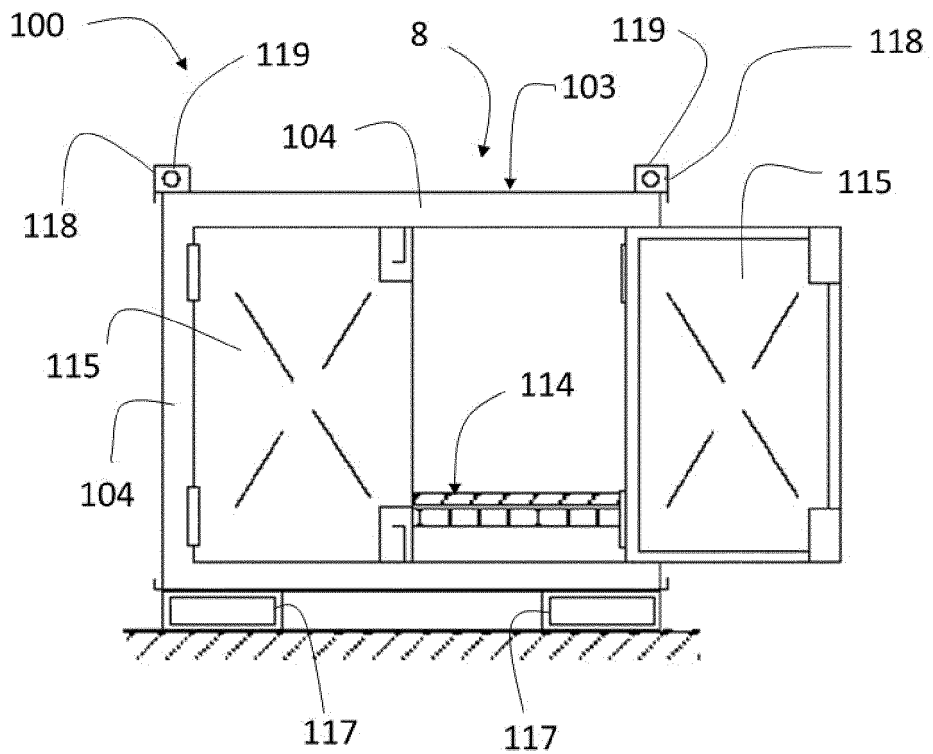


Fig.8

[Fig. 9]

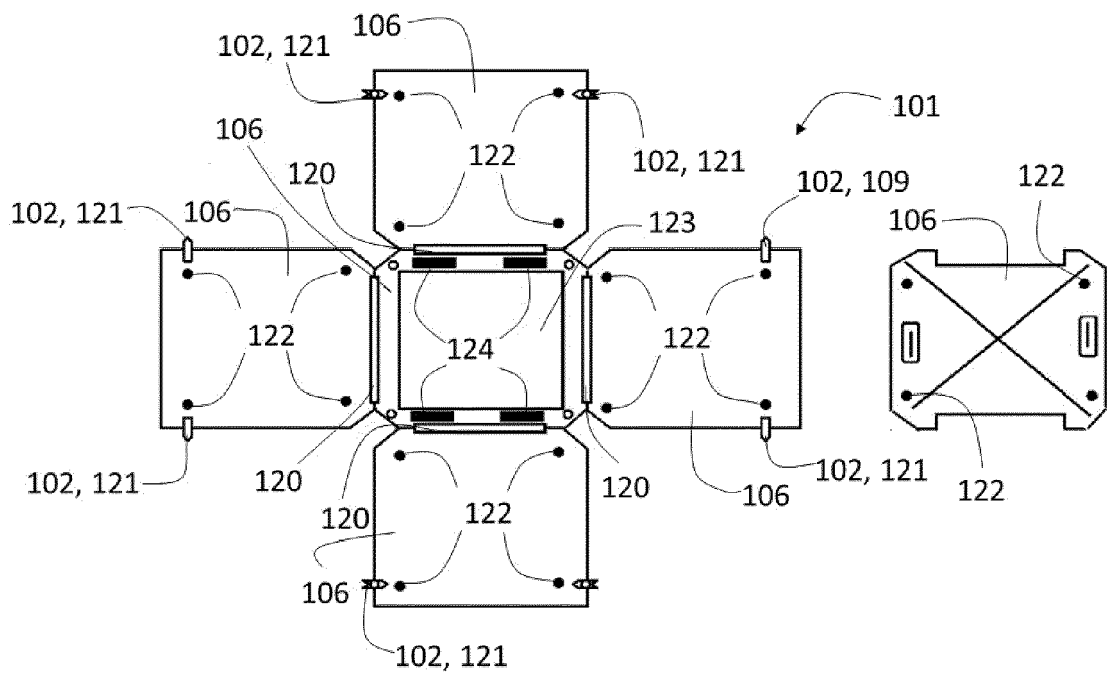


Fig.9



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 22 19 8180

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	<p>JP 2012 175826 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP) 10 septembre 2012 (2012-09-10) * abrégé; figures 1-5 * * alinéa [0040] *</p> <p>-----</p>	1-14	<p>INV. H01F13/00 B03C1/26 H05B6/10</p>
A	<p>WO 2017/079183 A1 (UT-BATTELLE LLC [US]) 11 mai 2017 (2017-05-11) * alinéa [0027] - alinéa [0033]; figures 1-3 *</p> <p>-----</p>	1-14	<p>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)</p> <p>H01F H05B B03C</p>
A	<p>CH 474 821 A (LIST HEINRICH [DE]) 30 juin 1969 (1969-06-30) * figure 3 * * colonne 3, ligne 63 - colonne 4, ligne 24 *</p> <p>-----</p>	1-14	
<p>Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications</p>			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
Munich		17 janvier 2023	Tano, Valeria
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

1  
EPO FORM 1503 03:82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 22 19 8180

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

17-01-2023

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
<b>JP 2012175826 A</b>	<b>10-09-2012</b>	<b>CN 102647054 A</b>	<b>22-08-2012</b>
		<b>JP 5110181 B2</b>	<b>26-12-2012</b>
		<b>JP 2012175826 A</b>	<b>10-09-2012</b>
-----			
<b>WO 2017079183 A1</b>	<b>11-05-2017</b>	<b>US 2017128954 A1</b>	<b>11-05-2017</b>
		<b>US 2020227194 A1</b>	<b>16-07-2020</b>
		<b>WO 2017079183 A1</b>	<b>11-05-2017</b>
-----			
<b>CH 474821 A</b>	<b>30-06-1969</b>	<b>CH 474821 A</b>	<b>30-06-1969</b>
		<b>FR 1577334 A</b>	<b>08-08-1969</b>
-----			

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**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**

- US 20140366687 A [0012]
- US 20120137829D A [0012]