

⑤④ Enceinte de stockage thermique, et ensemble d'éléments de construction d'enceintes de stockage thermique correspondant.

②② Date de dépôt : 02.08.21.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension : Polynésie-Fr

⑦① Demandeur(s) : *STOLECT SAS* — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 03.02.23 Bulletin 23/05.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 23.05.25 Bulletin 25/21.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : Le Romancer Jean-François, Da Silva
José et Preux Gauthier.

⑦③ Titulaire(s) : *STOLECT SAS*.

⑦④ Mandataire(s) : *IPSIDE*.



Description

Titre de l'invention : Enceinte de stockage thermique, et ensemble d'éléments de construction d'enceintes de stockage thermique correspondant.

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente invention concerne une enceinte de stockage thermique, et un ensemble d'éléments de construction d'enceintes de stockage correspondant.

Arrière-plan technologique

- [0002] Le stockage d'électricité représente un enjeu majeur pour la transition énergétique car il permet de stocker des excédents de production renouvelable et de les valoriser au moment nécessaire.
- [0003] La conversion réversible de l'électricité sous forme thermique est une solution intéressante pour stocker de grandes quantités d'énergie. L'intérêt de cette approche est que la densité énergétique (capacité de stockage par unité de volume ou de masse) est élevée et que la capacité de stockage peut être facilement augmentée, en accroissant la masse de matériau utilisée. Étant donné que les matériaux de stockage répondant aux contraintes techniques de cette technologie sont disponibles en abondance, sont peu coûteux et sont non polluants, ce principe est particulièrement adapté à de fortes capacités en énergie ou plus efficace que d'autres solutions existantes (batteries électrochimiques, volants d'inertie, hydrogène...).
- [0004] L'électricité excédentaire est donc convertie en chaleur et est emmagasinée dans un matériau sous la forme d'une élévation de sa température. Cette énergie est ensuite restituée par l'abaissement de la température moyenne des matériaux. L'apport et la récupération de chaleur se font par la circulation forcée d'un gaz (typiquement de l'air) mis en mouvement par un ensemble de turbomachines (turbines, compresseurs) et qui sert de fluide caloporteur pour les échanges de chaleur.
- [0005] Le matériau est placé dans des enceintes pour être isolé thermiquement de l'environnement. Les matériaux de stockage pouvant être utilisés sont naturels (par exemple des roches de type basaltique) ou produits industriellement à partir de matières minérales (par exemple des céramiques ou des matériaux réfractaires). À l'intérieur de chaque enceinte, le matériau est chauffé par le haut et refroidi par le bas, en considérant de plus la stratification naturelle entre le gaz chaud et le gaz froid, cela conduit à la formation d'un « front thermique », c'est-à-dire d'une zone de transition entre la température « haute » en haut de l'enceinte et la température « basse » en bas de l'enceinte. Pour le bon fonctionnement du procédé ce front doit être le moins large possible et doit rester le plus horizontal possible. Pour cela il est avantageux de

disposer de plusieurs couches séparées de matériau de stockage, chacune séparées de la suivante par une lame d'air permettant au front de ne pas se déstabiliser.

- [0006] Un système de stockage thermique de l'électricité est par exemple connu du brevet américain US4405010. Dans ce système, l'enceinte de stockage thermique est monobloc et se présente sous la forme d'un logement cylindrique comportant une entrée et une sortie pour la circulation d'un flux d'air. Ce logement est rempli notamment d'un matériau réfractaire formant des strates séparées par exemple par des tiges métalliques supportées par les parois de l'enceinte.
- [0007] Cette structure monobloc est simple; cependant elle n'est pas adaptée à des enceintes d'une capacité en énergie importante car cela conduirait à devoir concevoir des parois renforcées pour résister aux efforts latéraux et verticaux exercés par les tiges et le grand volume de matériau correspondant.
- [0008] Les zones les plus favorables au déploiement de capacités massives de stockage sont souvent des zones isolées. En effet, celles-ci disposent souvent d'un réseau électrique faible et dépendent d'une électricité majoritairement produite par des moyens fossiles (fioul en particulier). Le déploiement de moyens de production renouvelables obéit donc à une logique de réduction de la dépendance énergétique face aux énergies fossiles, de la facture énergétique et de l'empreinte carbone du secteur électrique. Cependant, la pénétration des énergies décarbonnées est limitée car il est nécessaire d'assurer l'approvisionnement en électricité quel que soit les conditions météorologiques. Ces zones sont donc propices au développement du stockage en remplacement d'une production thermique.
- [0009] Cependant, il peut être problématique d'acheminer des installations comprenant des enceintes de stockage thermique monoblocs du type de celle décrite dans le brevet US4405010 dans des endroits isolés, car ils peuvent être difficiles d'accès.
- [0010] Afin de pallier ces inconvénients, il existe donc un premier besoin d'une enceinte de stockage thermique présentant une structure allégée et optimisée pour faciliter son transport.
- [0011] De plus, il peut être difficile de trouver dans ces endroits isolés des équipements ou de la main-d'œuvre spécifiques si le montage est complexe. Il existe donc également un second besoin d'un ensemble d'éléments de construction d'enceintes de stockage spécifique pour simplifier la construction et l'assemblage de celles-ci.

Présentation de l'invention

- [0012] Le but de la présente invention est par conséquent de satisfaire ces besoins en réalisant une enceinte de stockage thermique du type de celles s'étendant sensiblement verticalement et présentant une partie externe comportant une partie inférieure munie au moins d'une première prise d'un fluide caloporteur, une partie supérieure

munie au moins d'une seconde prise de ce fluide et une partie intermédiaire de forme sensiblement cylindrique enveloppant une partie interne comprenant une ou plusieurs couches sensiblement horizontales d'un matériau de stockage thermique supportées par des moyens de séparation s'étendant sensiblement horizontalement.

- [0013] Selon l'invention, cette partie interne forme de manière remarquable une structure flottante.
- [0014] Les moyens de séparation sont formés, selon l'invention, d'une ou plusieurs plaques ajourées supportées par au moins trois supports verticaux s'appuyant sur des fondations extérieures à la partie externe.
- [0015] La partie inférieure de l'enceinte de stockage thermique s'appuie également avantageusement sur ces fondations.
- [0016] Selon l'invention, les plaques et les supports sont avantageusement munis respectivement de premières et secondes surfaces inclinées complémentaires en contact.
- [0017] Selon l'invention encore, les supports sont fort avantageusement constitués d'un ou plusieurs segments d'un élément tubulaire présentant chacun une extrémité inférieure d'une dimension extérieure sensiblement plus petite qu'une dimension intérieure dudit élément tubulaire.
- [0018] De préférence, les secondes surfaces sont formées de collerettes agencées à une extrémité supérieure de chacun des segments présentant une section radiale inclinée d'un angle compris entre 0° et 45° par rapport à un plan horizontal.
- [0019] Dans l'enceinte de stockage thermique selon l'invention, les supports sont répartis régulièrement dans des directions tangentielle et radiale d'une section transversale de la structure flottante et, remarquablement, une projection verticale des plaques forme un pavage de la section transversale entre des traces de ces supports.
- [0020] Selon l'invention, chacune des plaques adjacente à la partie intermédiaire est avantageusement munie d'une ailette périphérique en regard de cette partie intermédiaire coopérant intérieurement avec un bord inférieur d'une enveloppe cylindrique entourant chacune des couches du matériau de stockage thermique.
- [0021] De préférence, la partie externe est revêtue intérieurement d'un isolant thermique en contact avec cette enveloppe.
- [0022] Afin de satisfaire plus particulièrement le second besoin, on tirera bénéfice d'un ensemble d'éléments de construction d'enceintes de stockage thermique selon l'invention, comprenant:
- [0023] - des premiers tubes métalliques présentant une première extrémité évasée et une deuxième extrémité réduite, cette deuxième extrémité étant destinée à s'emboîter dans la première extrémité;

- [0024] - un socle métallique sensiblement en forme d'un hémisphère comportant des seconds tubes métalliques traversants présentant chacun d'un côté concave de cet hémisphère une troisième extrémité apte à recevoir la deuxième extrémité d'un exemplaire des premiers tubes et d'un côté opposé au côté concave, une quatrième extrémité présentant une bride apte à être fixée à un ancrage, et comportant en outre une première ouverture apte à être reliée à un système de stockage thermique;
- [0025] - un couvercle métallique sensiblement hémisphérique comportant une seconde ouverture apte à être reliée à ce système de stockage thermique;
- [0026] - un ou plusieurs éléments de cylindres métalliques destinés à former une paroi extérieure de ces enceintes;
- [0027] - des premiers éléments de grilles métalliques comportant chacun des premières pattes destinées à coopérer avec la première extrémité de chacun des premiers tubes;
- [0028] - des seconds éléments de grilles métalliques comportant chacun des secondes pattes destinées à coopérer avec la première extrémité de chacun des premiers tubes et comportant chacun de plus en partie un rebord périphérique;
- [0029] - des éléments de liner métalliques destinés à coopérer chacun avec ce rebord périphérique;
- [0030] - un matériau de stockage de la chaleur;
- [0031] - un matériau d'isolation thermique destiné à revêtir intérieurement le socle, le couvercle et la paroi des enceintes.
- [0032] Ces quelques spécifications essentielles auront rendu évidents pour l'homme de métier les avantages apportés par l'enceinte de stockage thermique, et l'ensemble d'éléments de construction d'enceintes de stockage correspondant, décrits ci-dessus par rapport à l'état de la technique antérieur, au plan des facilités de transport, de construction et d'assemblage.
- [0033] Les spécifications détaillées de l'invention sont données dans la description qui suit en liaison avec les dessins ci-annexés.
- [0034] Il est à noter que ces dessins n'ont d'autre but que d'illustrer le texte de la description et ne constituent en aucune sorte une limitation de la portée de l'invention.

Breve description des figures

- [0035] [Fig.1] est une coupe axiale de l'enceinte de stockage thermique selon l'invention.
- [0036] [Fig.2] est une vue de détail de la zone A de l'enceinte de stockage thermique selon l'invention montrée sur la [Fig.1].
- [0037] [Fig.3] est une vue de détail de la zone B de l'enceinte de stockage thermique selon l'invention montrée sur la [Fig.1].
- [0038] [Fig.4] est une vue de détail de la zone C de l'enceinte de stockage thermique selon l'invention montrée sur la [Fig.1].

- [0039] [Fig.5] est une vue de détail de la zone D de l'enceinte de stockage thermique selon l'invention montrée sur la [Fig.1].
- [0040] [Fig.6] est une vue de détail de la zone E de l'enceinte de stockage thermique selon l'invention montrée sur la [Fig.1].
- [0041] [Fig.7] est une coupe transversale selon FF de l'enceinte de stockage thermique selon l'invention montrée sur la [Fig.1].
- [0042] [Fig.8] représente schématiquement une première phase d'un assemblage de l'enceinte de stockage thermique selon l'invention.
- [0043] [Fig.9] représente schématiquement une deuxième phase d'un assemblage de l'enceinte de stockage thermique selon l'invention.
- [0044] [Fig.10] représente schématiquement une troisième phase d'un assemblage de l'enceinte de stockage thermique selon l'invention.
- [0045] [Fig.11] représente schématiquement une quatrième phase d'un assemblage de l'enceinte de stockage thermique selon l'invention.

Description des modes de réalisation

- [0046] L'enceinte de stockage thermique 1 selon l'invention, de la forme générale d'un cylindre s'étendant sensiblement verticalement, est représentée sur la [Fig.1] en coupe axiale.
- [0047] On distingue la partie externe comprenant:
- [0048] - la partie inférieure 2, munie de la première prise 3 du fluide caloporteur, de préférence de l'air:
- [0049] - la partie supérieure 4, munie de la seconde prise 5 du fluide caloporteur;
- [0050] - la partie intermédiaire 6 de forme sensiblement cylindrique enveloppant la partie interne 7.
- [0051] La partie inférieure 2 de l'enceinte 1 sert de socle et transfère les efforts mécaniques exercés par la partie interne 7 sur les fondations 8. La première prise 3 est apte à être reliée à une canalisation du système de stockage thermique.
- [0052] La partie intermédiaire 6 est de préférence en une seule pièce, ou, alternativement, constituée de plusieurs éléments de cylindres métalliques assemblés.
- [0053] La partie supérieure 4 sert de couvercle et la seconde prise 5 est également apte à être reliée à la canalisation du système de stockage thermique.
- [0054] La partie intermédiaire 6 est assemblée avec les parties inférieure 2 et supérieure 4 par boulonnage.
- [0055] L'isolant thermique 9 est fixé à l'intérieur de la partie externe 2, 4, 6 afin de limiter les déperditions thermiques. Des isolants réfractaires légers, tels que ceux utilisés dans les industries de l'acier, du verre, des fours industriels, du type silicate de calcium ou fibres de céramique, conviennent à cet effet.

- [0056] Ces isolants réfractaires sont en particulier des briques de silicate de calcium jointées à l'aide d'un ciment réfractaire ou bien des matériaux isolants fibreux ou microporeux souples et collés.
- [0057] L'enceinte de stockage thermique 1 étant un réservoir sous pression, la partie externe 2, 4, 6 est réalisée en acier, comme l'alliage P265GH, standard dans cette utilisation.
- [0058] Les enceintes de stockage thermique 1 selon l'invention ont des dimensions déterminées en fonction de la capacité en énergie visée.
- [0059] Dans les modes de réalisation préférés de l'invention, deux enceintes 1, fonctionnant de manière complémentaire, connue en soi, pour une capacité de stockage sous forme thermique de l'équivalent de 4 MWh électrique environ, ont un volume d'environ 60 m³, une hauteur d'environ 5 m et un diamètre d'environ 4 m (soit un rapport hauteur/diamètre sensiblement égal à 1,25).
- [0060] La partie interne 7 comprend de préférence une dizaine de couches 10 du matériau de stockage thermique tel que des céramiques réfractaires riches en alumine ou des matériaux naturels du type roches basaltiques.
- [0061] Ces couches 10 sont séparées par les plaques 11 horizontales supportées par les supports 12 verticaux s'appuyant sur les fondations 8.
- [0062] Comme le montre bien la coupe transversale ([Fig.1]) de l'enceinte de stockage thermique 1 selon l'invention, chacun des supports verticaux 12 est constitué de segments d'un élément tubulaire.
- [0063] La vue de détail de la zone A ([Fig.2]) montre que l'extrémité inférieure 13 de l'un des segments 12 présente une section plus petite de manière à s'emboîter dans l'extrémité supérieure 14 d'un autre des segments 12.
- [0064] Cette extrémité supérieure 14 comporte une collerette 15 inclinée à 45° par rapport à l'horizontal sur laquelle reposent les plaques 11 horizontales au moyen des surfaces inclinées complémentaires 16 dont elles sont munies.
- [0065] Chacun des segments 12 présente de préférence une hauteur comprise entre environ 50 et 60 cm de façon à limiter le poids de matériau de stockage par couche 10 et à limiter l'épaisseur nécessaire des plaques horizontales. Une épaisseur maximale de ces plaques est fixée à 10 mm (préférentiellement 5 mm), car ces dimensions sont plus largement disponibles auprès des fournisseurs de produits semi-finis en acier (tôles sous forme de plaques ou de bobines), et également car il est possible de poinçonner des plaques en acier de cette épaisseur.
- [0066] La partie évasée 14 et la partie réduite 13 des segments 12 sont réalisées par des opérations d'emboutissage ou, alternativement, de formage à froid de tubes cylindriques.
- [0067] La vue de détail de la zone B ([Fig.3]) montre que l'extrémité supérieure 14 de chacun des segments 12 supportant une dernière couche 17 de matériau de stockage

thermique (10) est fermée par un bouchon 18 empêchant le matériau de stockage de pénétrer à l'intérieur des tubes.

- [0068] Les exemplaires 19 des plaques 11 adjacentes à la partie intermédiaire 6 de la partie externe de l'enceinte 1 sont munies d'une ailette périphérique 20 en regard de l'isolant thermique 9 et supportent le liner 21 comme le montre bien la vue de détail de la zone C ([Fig.4]).
- [0069] Les supports verticaux 12 s'emboîtent à leurs bases dans d'autres segments tubulaires 22 traversant une partie hémisphérique du socle 2 de l'enceinte 1, comme le montre la vue de détail de la zone D ([Fig.5]), de manière à reporter tous les efforts verticaux exercés par la partie interne 7 sur les fondations 8, comme le montre la vue de détail de la zone E ([Fig.6]).
- [0070] On notera que ces autres segments tubulaires 22 sont remplis du même isolant thermique 9 que celui revêtant l'intérieur de l'ensemble de la partie externe 2, 4, 6 au cours de l'opération de montage.
- [0071] Le socle 2 est fixé sur les fondations 8 par un ancrage sur un support métallique préalablement coulé dans le béton, des chevilles chimiques 23 ou autres.
- [0072] Ni les plaques 19, ni le liner 21 reposant sur celles-ci ne sont fixés à la partie intermédiaire 6, mais simplement en contact avec l'isolant thermique 9: de la sorte la structure formée par la partie interne 7 est dite "flottante".
- [0073] Les plaques 11, 19 horizontales soutenues par les supports verticaux 12, qui retiennent le matériau de stockage 10, 17 recouvrent la section transversale de l'enceinte 1 selon un motif régulier (plaques de forme hexagonale, carrée, triangulaire...) ou irrégulier comme le montre la [Fig.7].
- [0074] Tout autre ensemble de formes couvrant la section de l'enceinte 1 est optimisé selon des contraintes techniques telles que: diamètre de l'enceinte 1, poids du matériau de stockage 10, 17, matière et épaisseur des plaques 11, 19, nombre de supports verticaux 12.
- [0075] Les plaques 11, 19 sont posées les unes à côté des autres sur les supports verticaux 12 et sont maintenues en place grâce aux appuis inclinés 16 coopérant avec les collerettes 15 et au poids du matériau de stockage 10, 17 disposé dessus.
- [0076] La forme des plaques 11, 19 et la position des supports verticaux 12 sous ces plaques 11, 19 sont conçues de façon à ce que le centre de gravité des plaques 11, 19, seules ou supportant le matériau de stockage 10, 17, soit toujours contenu dans leur surface de sustentation respective, sans avoir recours à un lien structurel entre les plaques 11, 19, ou entre les plaques 19 et la partie intermédiaire 6.
- [0077] Les plaques 11, 19 présentent de préférence une épaisseur d'environ 5 mm de manière à résister aux contraintes mécaniques et thermiques en fonction du matériau de

stockage 10 utilisé et de l'alliage utilisé pour leur fabrication, tout en restant dans des types de produits semi-finis largement disponibles et facilement travaillés en usine.

- [0078] Un perçage régulier des plaques 11, 19 assure le passage de l'air tout en retenant le matériau de stockage 10, 17, qui est sous forme granulaire et non structurée, de manière préférentielle. Une taille des trous est prise comme égale à 80-90% d'une dimension minimale des grains du matériau de stockage 10, 17, dont un calibre est compris entre 10 et 30 mm. La densité surfacique de trous est prise égale à la porosité du matériau de stockage 10, 17, à quelques pourcents près, de manière à faciliter le passage de l'air.
- [0079] Le liner 21, enveloppe métallique de faible épaisseur (de préférence inférieure à 1 mm), protège l'isolant thermique 9 contre des dégâts causés par le contact avec le matériau de stockage 10, 17 (déformation, écrasement ou percement causés par le mouvement des grains du matériau de stockage 10, 17 engendré par leur dilatation, s'ils étaient au contact direct de l'isolant thermique 9).
- [0080] Le liner 21 empêche également les grains du matériau de stockage 10, 17 de s'infiltrer dans un espace entre les plaques horizontales 19 et l'isolant thermique 9 comme le montre bien la [Fig.4]. Ce liner 21 n'a pas de fonction structurelle (pas de reprise d'efforts verticaux).
- [0081] L'ensemble des pièces constituant l'enceinte de stockage thermique 1 selon l'invention est fabriqué hors site de construction, en usine, avec des procédés simples : découpage, pliage, emboutissage, formage à froid, poinçonnage, et soudage pour le minimum de pièces. Les opérations de précision ou trop complexes ne sont pas privilégiées: forgeage, coulage, moulage ou usinage. Ainsi, la fabrication des pièces est simplifiée et elle est donc moins coûteuse.
- [0082] De plus, ces pièces sont avantageusement fabriquées en grandes quantités en usine à partir de produits semi-finis standards disponibles facilement (plaques, tubes, barres) afin de réaliser des économies d'échelle, et sont ensuite transportées et assemblées sur place, réduisant ainsi le temps de construction de l'enceinte de stockage thermique 1 sur site.
- [0083] Avec le même objectif de simplifier et d'accélérer la construction, les parties interne et externe ne nécessitent pas d'assemblage complexe lors de la construction de l'installation du système de stockage thermique.
- [0084] Les pièces constituant l'enceinte de stockage thermique 1 sont facilement manipulables avec des moyens de levage simples et largement disponibles. De plus, ces pièces sont principalement posées, emboîtées ou vissées manuellement.
- [0085] Les parties interne 7 et externe 2, 4, 6 sont autoportantes et indépendantes. Certaines liaisons ne sont pas rigides, ce qui a l'avantage de permettre à ces parties interne 7 et externe 2, 4, 6 de se dilater avec les variations de température.

- [0086] Une telle conception modulaire (pièces préfabriquées) et simplifiée (assemblage simple) rend un déploiement plus rapide des installations (fabrication anticipée et transport facilité de kits complets), mais également le déploiement de ces installations sans équipements ou main d'œuvre spécifiques, ce qui est important dans des zones isolées, propices à la mise en œuvre de systèmes de stockage d'électricité.
- [0087] Selon l'invention, un kit complet nécessaire à un assemblage de l'enceinte de stockage thermique 1 décrite ci-dessus, selon la procédure schématisée sur les Figures 8 à 11, comprend l'ensemble des éléments de construction suivants:
- [0088] - les premiers tubes 24 métalliques en un nombre dépendant de la capacité thermique nominale de l'enceinte 1, et présentant une première extrémité 25 évasée et une deuxième extrémité 26 réduite, cette deuxième extrémité 26 étant destinée à s'emboîter dans la première extrémité 25;
- [0089] - le socle 2 métallique sensiblement en forme d'un hémisphère, de diamètre fonction du modèle d'enceinte choisie, comportant des seconds tubes métalliques 22 traversants présentant chacun d'un côté concave de cet hémisphère une troisième extrémité 27 apte à recevoir la deuxième extrémité 26 d'un exemplaire des premiers tubes 24 et d'un côté opposé au côté concave, une quatrième extrémité 28 présentant une bride apte à être fixée à un ancrage 23, et comportant en outre une première ouverture 3 apte à être reliée à un système de stockage thermique;
- [0090] - le couvercle métallique 4 sensiblement hémisphérique, de diamètre correspondant à celui du socle 2, comportant une seconde ouverture 5 apte à être reliée à ce système de stockage thermique;
- [0091] - le cylindre ou les éléments de cylindres métalliques destinés à former la paroi extérieure 6 de l'enceinte prévue 1 par boulonnage sur le socle 2;
- [0092] - les premiers éléments de grilles métalliques 29, en un nombre correspondant aux caractéristiques nominales de l'enceinte 1 prévue, comportant chacun des premières pattes 30 destinées à coopérer avec la première extrémité 25 de chacun des premiers tubes 24, par simple pose au cours de la première phase d'assemblage, comme le montre la [Fig.8];
- [0093] - les seconds éléments de grilles métalliques, destinés à être agencés en regard de la paroi extérieure 6 de l'enceinte 1 prévue, comportant chacun des secondes pattes aptes à coopérer avec la première extrémité de chacun des premiers tubes 24 et comportant chacun de plus en partie un rebord périphérique.
- [0094] Le kit comprend tous les éléments de construction pour itérer dans la deuxième phase d'assemblage, jusqu'à complétion du montage de l'enceinte 1, la première phase d'assemblage schématisée sur la [Fig.8]: pose d'un autre niveau de premiers tubes 24 sur le niveau précédent de premiers tubes 24 et de premiers 29 et seconds éléments de grilles, comme l'illustre la [Fig.9].

- [0095] Le kit comprend en outre:
- [0096] - des éléments de liner métalliques destinés à coopérer chacun avec le rebord périphérique des seconds éléments de grilles;
- [0097] - un matériau de stockage de chaleur 31 en volume suffisant pour remplir uniformément chaque niveau, tout en ménageant une lame d'air 32, en itérant les troisième et quatrième phases de la procédure d'assemblage de l'enceinte 1 prévue, schématisées respectivement sur les Figures 10 et 11;
- [0098] - un matériau d'isolation thermique destiné à revêtir intérieurement le socle, le couvercle et la paroi de l'enceinte 1 prévue, au cours d'une phase initiale de l'assemblage.
- [0099] De la sorte, cet ensemble d'éléments de construction d'une enceinte de stockage thermique 1 répond bien aux besoins d'une structure allégée et optimisée pour faciliter son transport, ainsi que d'un ensemble spécifique pour simplifier la construction et l'assemblage de celle-ci.
- [0100] Comme il va de soi, l'invention ne se limite pas aux seuls modes d'exécution préférentiels exposés ci-dessus.
- [0101] La capacité thermique de l'enceinte de stockage 1, son volume, ses dimensions sont indicatives. Il en est de même des dimensions des éléments de l'enceinte de stockage 1 et des matériaux cités à titre d'exemples.
- [0102] L'invention embrasse donc au contraire toutes les variantes possibles de réalisation dans la limite de l'objet des revendications ci-après.

Revendications

- [Revendication 1] Enceinte de stockage thermique (1) du type de celles s'étendant sensiblement verticalement et présentant une partie externe (2, 4, 6) comportant une partie inférieure (2) munie au moins d'une première prise (3) d'un fluide caloporteur, une partie supérieure (4) munie au moins d'une seconde prise (5) dudit fluide et une partie intermédiaire (6) de forme sensiblement cylindrique enveloppant une partie interne (7) comprenant une ou plusieurs couches sensiblement horizontales d'un matériau de stockage thermique (10) supportées par des moyens de séparation (11, 19,) s'étendant sensiblement horizontalement, ladite partie interne (7) formant une structure flottante, caractérisée en ce que lesdits moyens de séparation (11, 19) sont formés d'une ou plusieurs plaques ajourées supportées par au moins trois supports verticaux (12) s'appuyant sur des fondations (8) extérieures à ladite partie externe (2, 4, 6).
- [Revendication 2] Enceinte de stockage thermique (1) selon la revendication 1 précédente, caractérisée en ce que ladite partie inférieure (2) s'appuie sur lesdites fondations (8).
- [Revendication 3] Enceinte de stockage thermique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2 précédentes, caractérisée en ce que lesdites plaques (11, 19) et lesdits supports (12) sont munis respectivement de premières (16) et secondes (15) surfaces inclinées complémentaires en contact.
- [Revendication 4] Enceinte de stockage thermique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 précédentes, caractérisée en ce que lesdits supports (12) sont constitués d'un ou plusieurs segments d'un élément tubulaire présentant chacun une extrémité inférieure (13) d'une dimension extérieure sensiblement plus petite qu'une dimension intérieure dudit élément tubulaire.
- [Revendication 5] Enceinte de stockage thermique (1) selon la revendication 4 précédente, caractérisée en ce que lesdites secondes surfaces (15) sont formées de collerettes (15) agencées à une extrémité supérieure (14) de chacun desdits segments présentant une section radiale inclinée d'un angle compris entre 0° et 45° par rapport à un plan horizontal.
- [Revendication 6] Enceinte de stockage thermique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 précédentes, caractérisée en ce que lesdits

supports (12) sont répartis régulièrement dans des directions tangentielle et radiale d'une section transversale de ladite structure flottante (7) et en ce qu'une projection verticale desdites plaques (11, 19) forme un pavage de ladite section transversale entre des traces desdits supports (12).

[Revendication 7]

Enceinte de stockage thermique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 précédentes, caractérisée en ce que chacune desdites plaques (19) adjacente à ladite partie intermédiaire (6) est munie d'une ailette périphérique (20) en regard de ladite partie intermédiaire (6) coopérant intérieurement avec un bord inférieur d'une enveloppe cylindrique (21) entourant chacune desdites couches (10).

[Revendication 8]

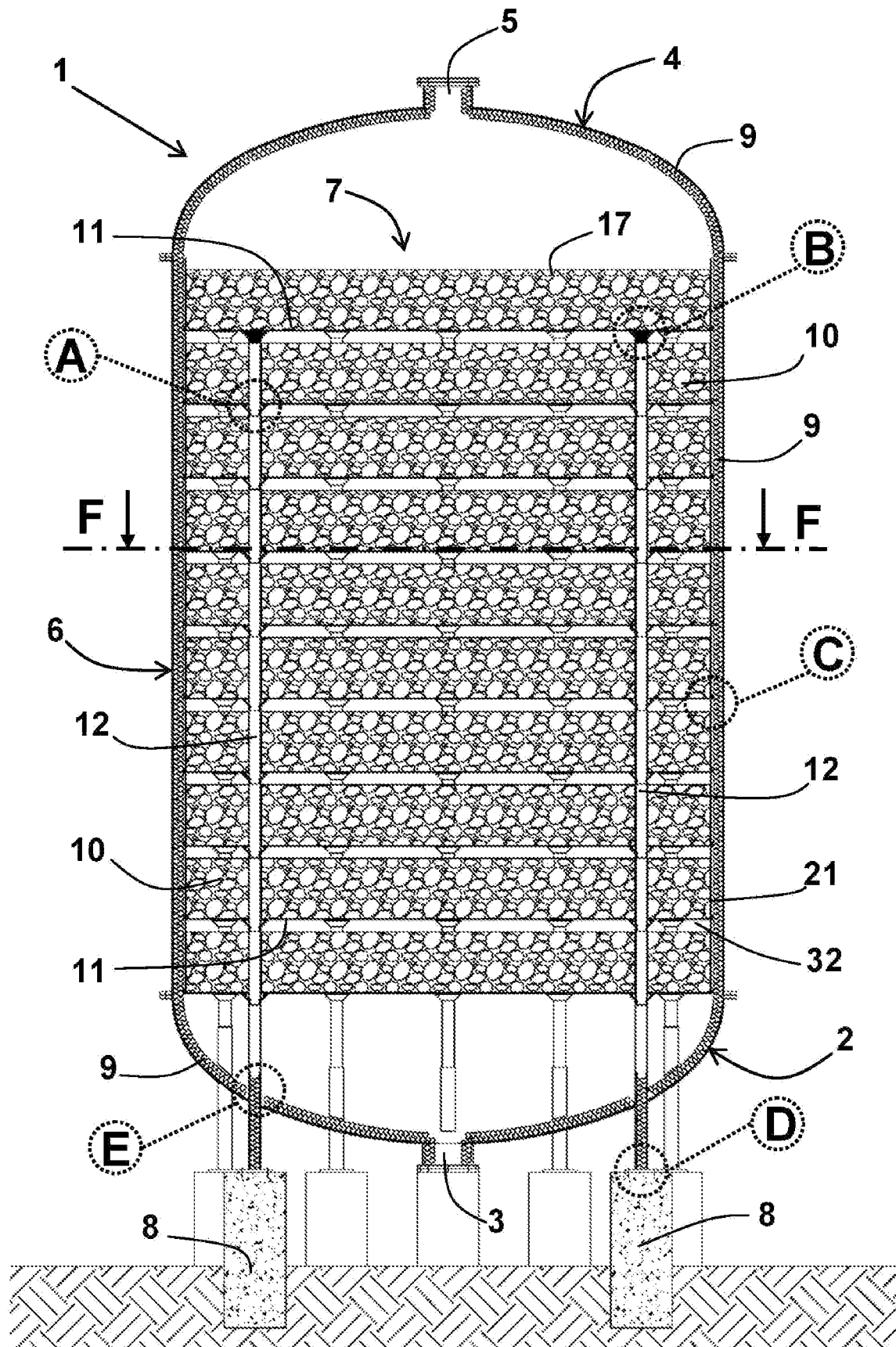
Enceinte de stockage thermique (1) selon la revendication 7, caractérisée en ce que ladite partie externe (2, 4, 6) est revêtue intérieurement d'un isolant thermique (9) en contact avec ladite enveloppe (21).

[Revendication 9]

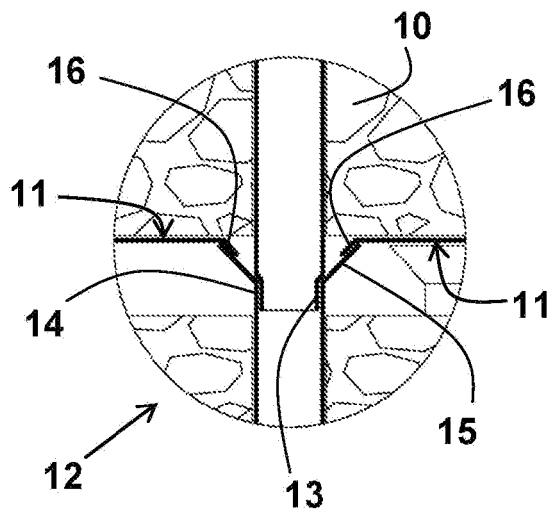
Ensemble d'éléments de construction d'enceintes de stockage thermique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 précédentes, comprenant:

- des premiers tubes métalliques (24) présentant une première extrémité évasée (25) et une deuxième extrémité réduite (26), ladite deuxième extrémité (26) étant destinée à s'emboîter dans ladite première extrémité (25);
- un socle (2) métallique sensiblement en forme d'un hémisphère comportant des seconds tubes (22) métalliques traversants présentant chacun d'un côté concave dudit hémisphère une troisième extrémité (27) apte à recevoir ladite deuxième extrémité (26) d'un exemplaire desdits premiers tubes (24) et, d'un côté opposé audit côté concave, une quatrième extrémité (28) présentant une bride apte à être fixée à un ancrage (23), et comportant en outre une première ouverture (3) apte à être reliée à un système de stockage thermique;
- un couvercle (4) métallique sensiblement hémisphérique comportant une seconde ouverture (5) apte à être reliée audit système de stockage thermique;
- un ou plusieurs éléments de cylindres métalliques destinés à former une paroi extérieure (6) desdites enceintes (1);
- des premiers éléments de grilles métalliques (29) comportant chacun des premières pattes (30) destinées à coopérer avec ladite première extrémité (25) de chacun desdits premiers tubes (24);
- des seconds éléments de grilles métalliques comportant chacun des secondes pattes destinées à coopérer avec ladite première extrémité (25) de chacun desdits premiers tubes (24) et comportant chacun de plus en partie un rebord périphérique (20);
- des éléments de liner métalliques destinés à coopérer chacun avec ledit rebord périphérique (20);
- un matériau de stockage de la chaleur (31);
- un matériau d'isolation thermique (9) destiné à revêtir intérieurement ledit socle (2), ledit couvercle (4) et ladite paroi (6).

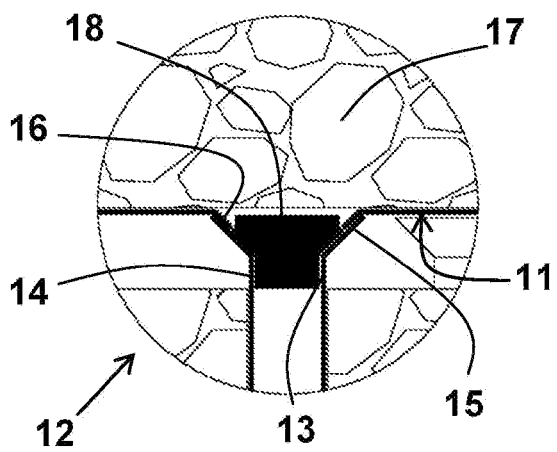
[Fig. 1]



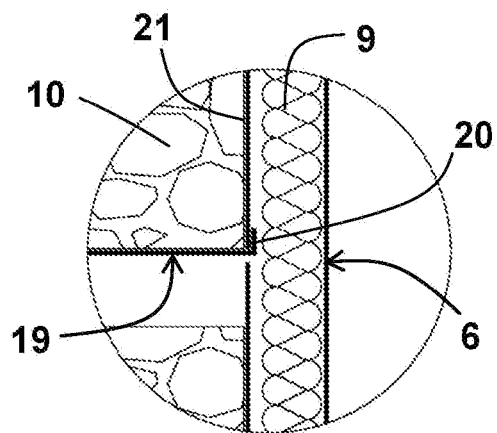
[Fig. 2]



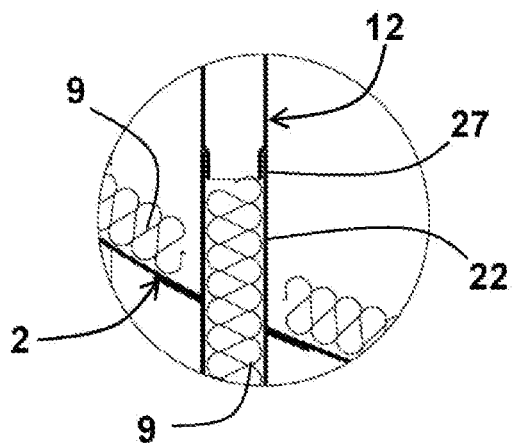
[Fig. 3]



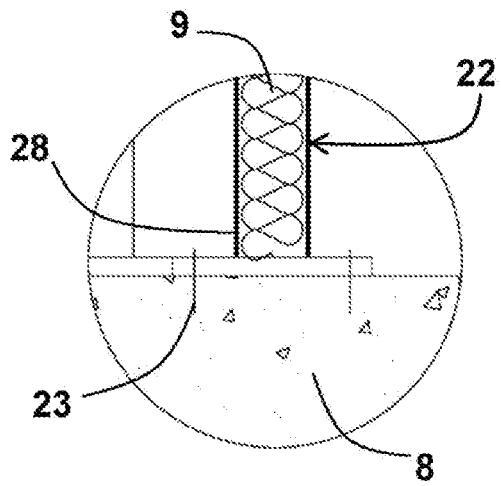
[Fig. 4]



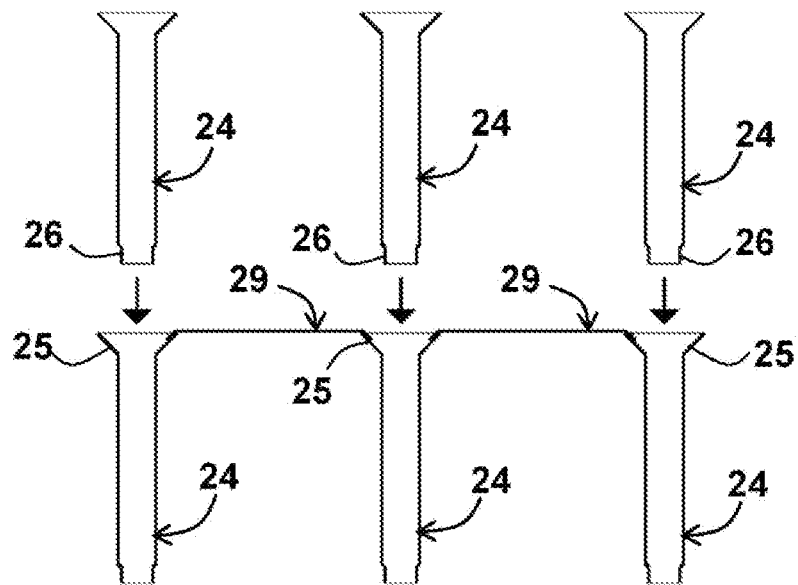
[Fig. 5]



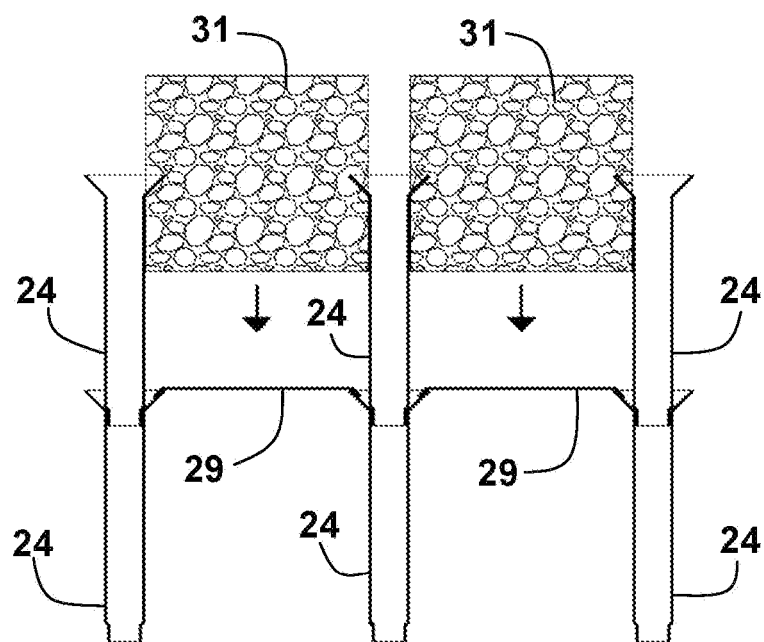
[Fig. 6]



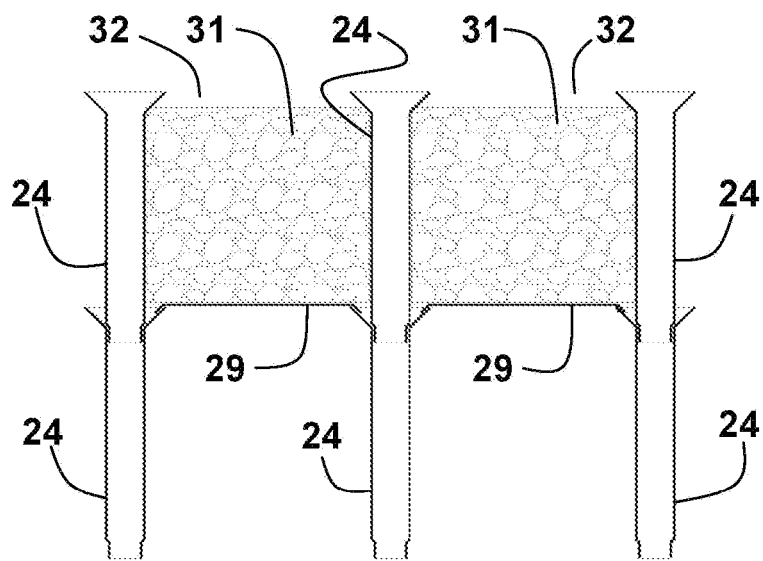
[Fig. 9]



[Fig. 10]



[Fig. 11]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

US 2012/279679 A1 (SOUKHOJAK ANDREY N [US]
ET AL) 8 novembre 2012 (2012-11-08)

FR 2 504 099 A2 (COSTE JEAN [FR])
22 octobre 1982 (1982-10-22)

DE 34 02 438 A1 (LAUFENBERG JOSEF;
LAUFENBERG IRIS)
25 juillet 1985 (1985-07-25)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT