



(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 39191 A1** (51) Cl. internationale : **F28D 1/02; F28D 1/00**

(43) Date de publication :
28.02.2017

(21) N° Dépôt :
39191

(22) Date de Dépôt :
19.12.2014

(30) Données de Priorité :
20.12.2013 NO 20131725

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:
PCT/NO2014/050250 19.12.2014

(71) Demandeur(s) :
ENERGYNEST AS, Olav Brunborgsvei 6, N-1396 Billingstad, Norway. (NO)

(72) Inventeur(s) :
BERGAN, Pål ; GREINER, Christopher

(74) Mandataire :
SABA&CO

(54) Titre : **ÉLÉMENT POUR LE STOCKAGE D'ÉNERGIE THERMIQUE**

(57) Abrégé : L'invention concerne un élément utilisé pour le stockage d'énergie thermique pouvant évoluer facilement, qui se distingue en ce que l'élément comprend : une enveloppe externe qui est formée d'un coffrage de coulage et d'un renfort combinés, un support de stockage thermique solide sous la forme de béton durci, lequel béton a été coulé et durci dans ladite enveloppe externe. L'invention concerne un procédé permettant de construire et d'utiliser l'élément et le stockage d'énergie thermique comprenant des éléments de l'invention.

Abrégé

L'invention concerne un élément utilisé pour le stockage d'énergie thermique pouvant évoluer facilement, qui se distingue en ce que l'élément comprend :

5 L'enveloppe externe étant un coffrage de coulage et un renfort combinés,

Un support de stockage thermique solide en forme de béton durci, qui est moulé et durci dans la coque externe.

L'invention concerne un procédé permettant de construire et d'utiliser l'élément et le stockage d'énergie thermique comprenant des éléments de l'invention.

10 (Fig. 1)

39191

P4544PC00-EH

ÉLEMENT POUR LE STOCKAGE D'ENERGIE THERMIQUE

Domaine de l'invention

- 5 la présente invention concerne le stockage d'énergie Plus spécifiquement, l'invention concerne un élément pour le stockage de l'énergie thermique en état solide (TES), ce qui rend les processus de fabrication, d'augmentation ou de réduction, l'opération et la maintenance du stockage de l'énergie thermique plus simples, durables et efficaces en réduisant ainsi le coût du stockage et de la
- 10 livraison de l'énergie.

Etat de la technique

- L'énergie sous forme d'électricité et de chaleur est vitale pour la société moderne. La majorité de l'énergie totale provient actuellement des sources
- 15 d'énergies fossiles primaires tels que le charbon, le pétrole et le gaz. Les émissions de l'énergie fossile mènent éventuellement au réchauffement climatique et à d'autres impacts environnementaux négatifs. Le monde a débuté une transition lente vers les sources d'énergie renouvelables comme l'énergie éolienne et solaire. La nature inhérente de ces sources d'énergie
- 20 repose sur le fait qu'ils dépendent du soleil, des conditions météorologiques et climatiques, ce qui conduit finalement à une fiabilité intermittente et faible au niveau de l'approvisionnement énergétique. La majorité des pays ont maintenant l'ambition d'augmenter la part des énergies renouvelables dans leur bouquet énergétique total, et d'éliminer ainsi les centrales à combustibles
- 25 fossiles polluantes. Malheureusement, il s'est avéré être très difficile d'arrêter ces plantes tout simplement parce que la plupart des sources d'énergie renouvelables ne sont pas fiables et ne peuvent pas garantir la livraison d'énergie quand il est nécessaire; ainsi la capacité de production conventionnelle d'énergie doit être maintenue plutôt qu'éliminée. Pour cette
- 30 raison, le stockage d'énergie efficace et à grande échelle a été identifié comme étant le facteur clé pour faciliter la transition vers la dépendance sur les énergies renouvelables et rendre l'énergie provenant de sources renouvelables prévisible et fiable.

Le stockage d'énergie thermique (SET) va jouer un rôle principal dans ce domaine, en particulier dans la concentration de centrales électriques solaires (CSP), où la chaleur provenant du champ solaire pourrait être stockée au cours de la journée et libérée pour utilisation au cours de la fin de soirée et la nuit. Le

5 SET pourrait être utilisé pour stocker le surplus d'énergie en transformant le surplus d'électricité en chaleur qui pourrait être reconverti en électricité plus tard. Le SET est applicable aussi dans les centrales nucléaires ou centrales fossiles conventionnelles permettant une plus grande flexibilité opérationnelle, ce qui devient de plus en plus urgent dans les zones à forte pénétration des

10 sources d'énergie renouvelables intermittentes.

Le stockage d'énergie est en effet une question de décalage temporel de l'énergie du moment de production au moment d'utilisation. Certains facteurs ont un intérêt particulier pour les stockages d'énergie, tels que: la perte

15 d'énergie, la capacité de stockage, le taux de transfert d'énergie lors de l'entrée-sortie, et bien sûr le coût. Le défi consiste à développer la technologie de stockage de l'énergie qui pourrait répondre à tous ces facteurs. Le stockage d'énergie permet la livraison à des moments où les sources variables ne peuvent pas le faire, ce qui permet à une plus grande partie proportionnelle des

20 sources d'énergie d'être renouvelable et écologique. En outre, le débit maximal pourrait être augmenté, étant donné que les sources et les stockages peuvent fournir de l'énergie en même temps, et les réseaux de transfert d'énergie électrique ou thermique pourraient être plus petits puisque les stockages peuvent être situés là où la demande est trouvée.

25 En dépit des dispositions avec l'appui des gouvernements, la performance globale des coûts sera toujours le principal moteur de transition vers l'énergie renouvelable et durable à grande échelle. En fin de compte, le défi crucial est de créer une technologie d'énergie durable et, en particulier, la nouvelle

30 technologie de stockage d'énergie qui pourrait faciliter le transfert vivement souhaité vers la livraison d'une énergie écologique.

Dans la demande de brevet WO 2012/169900 A1, une SET est décrit comme ayant des propriétés bénéfiques à comparer aux stockages de l'art antérieur.

Plus précisément, une solution pratique et rentable est prévue pour un stockage thermique en utilisant un matériau à l'état solide comme le principal support de stockage, permettant le stockage de l'énergie sous forme de chaleur à haute température, ce qui signifie l'énergie thermique à une température suffisamment élevée pour convertir la chaleur efficacement en énergie électrique dans un ensemble turbine-générateur ou des moyens équivalents. Selon la revendication 1 du document WO 2012/169900 A1, les caractéristiques obligatoires comprennent un récipient de transfert thermique contenant un fluide de transfert de chaleur, toute la convection et la conduction de transfert de chaleur par le liquide de transfert de chaleur a lieu dans le récipient de transfert de chaleur. Les moyens d'apport d'énergie sont des tuyaux à haute pression, pour recevoir la chaleur des centrales d'énergie solaire, les centrales électriques au charbon, sources nucléaires, sources de biomasse et d'autres sources capables de fournir de l'énergie en tant qu'un liquide chaud, et éventuellement des chauffages électriques, pour recevoir l'énergie à partir de sources capables de fournir de l'énergie électrique, comme les éoliennes ou les centrales solaires à base photovoltaïque. Les moyens de production d'énergie sont des tuyaux séparés à haute pression ou les mêmes tuyaux à haute pression utilisés pour l'entrée de chaleur. Le stockage d'énergie thermique de WO 2012/169900 A1 est appelé stockage d'énergie thermique NEST.

Dans la demande de brevet international WO 2014/003577 A1, on décrit comment le stockage d'énergie thermique de WO 2012/169900 A1 est bénéfique dans le but de simplifier et d'accroître l'efficacité des centrales d'énergie de divers types, tels que les centrales solaires à concentration. Les caractéristiques essentielles offrent une efficacité et une simplicité de transfert d'énergie à partir de la source de chaleur et de provision de la chaleur stockée dans une turbine ou un autre utilisateur.

Même si les enseignements de WO 2012/169900 A1 et WO 2014/003577 A1 fournissent des étapes importantes vers une utilisation accrue des sources d'énergie écologiques au lieu des sources fossiles et sources nucléaires, des progrès sont encore nécessaires. En pratique, le coût restera la principale incitation à cet égard, même si les gouvernements prennent des dispositions

pour augmenter la transition vers des solutions plus respectueuses de l'environnement. Le coût est non seulement lié aux coûts des matériaux et le coût de construction, mais il est également lié au coût opérationnel, la durabilité, l'entretien et l'efficacité énergétique globale. Le fait de trouver une

5 technologie et une conception améliorées pour un SET en un état fiable peut avoir un impact économique important, contribuant ainsi à orienter le marché de l'énergie dans une direction plus durable.

Par conséquent, la demande d'une technologie qui pourrait réduire les coûts et

10 améliorer la performance du SET s'accroît.

Résumé de l'invention

La présente invention répond à cette demande en fournissant un élément étonnamment simple et polyvalent pour le stockage d'énergie thermique.

15

Plus précisément, l'invention fournit un élément pour un stockage facilement évolutif de l'énergie thermique, caractérisé en ce que:

La coque externe étant un coffrage de coulage et un renfort combinés, un support de stockage thermique solide en forme de béton durci, qui est

20 coulé et durci dans enveloppe externe.

L'enveloppe externe est préférablement une enveloppe métallique. La coque extérieure est alternativement une coque en fibre tissée, par exemple une fibre de carbone -, fibre de verre - ou fibre de bore, ou bien une coque en matériau

25 composite, ou en matériau de carbone, ou un autre matériel répondant aux exigences fonctionnelles de la forme de réalisation et l'utilisation spécifique celui-ci. Plus précisément, la force de renforcement, la conductivité thermique, les propriétés à des températures élevées et des coûts qui en résultent sont les paramètres les plus appropriés pour répondre aux exigences fonctionnelles.

30 Une coque extérieure en acier, par exemple en acier au carbone ou en acier inoxydable sera le plus préférable pour la plupart des modes de réalisation.

La coque externe est préférablement une coque en métal, ayant une forme en coupe transversale, qui est circulaire, hexagonale, carrée, rectangulaire,

rectangulaire à coins arrondis ou avec des côtés courts semi-circulaires, ou de forme polygonale ou autre. De préférence, pour des applications à très haute température ou à un large intervalle de température dynamique, l'élément a une forme en section circulaire pour une meilleure résistance au stress thermique.

5

De préférence, la coque externe est ouverte en une extrémité, dans laquelle le béton frais, non durci est coulé et moulé. Eventuellement, l'extrémité ouverte a été fermée avec un couvercle en coque métallique après la coulée, ce qui est préférable pour les modes de réalisation où les éléments doivent être

10

entièrement contenu à l'intérieur d'un boîtier de stockage d'énergie thermique.

Alternativement, la coque externe peut être ouverte des deux extrémités, mais ayant un couvercle préliminaire lors de la coulée dans une extrémité, avec ou sans ouvertures pour incorporer et mouler les échangeurs thermiques ou autres équipements. Le procédé de coulage du béton de stockage thermique solide

15

est de préférence en une seule étape, cependant, le procédé de coulée peut inclure plusieurs étapes, par exemple laisser des trous pour les échangeurs de chaleur après la première étape, insérer les échangeurs de chaleur et par conséquent incorporer et mouler les échangeurs thermiques, en utilisant la même qualité de béton ou une meilleure qualité d'étanchéité pour le coulage

20

ultérieur.

La coque métallique extérieure est ondulée, avec des ondulations régulières ou avec une surface bucked du type Spiro-pipe, ou bien elle est lisse et uniforme.

25

L'élément de l'invention comprend de préférence un échangeur thermique et/ou un élément de chauffage électrique, en tant que moyens pour l'entrée et la sortie de la chaleur, lesdits moyens sont coulés dans le béton et alors incorporés dans l'élément. Préféablement, l'échangeur de chaleur est dimensionné de façon à assurer un écoulement turbulent du fluide caloporteur

30

dans des conditions de fonctionnement normales. Pour un échangeur de chaleur ayant des tubes de petit diamètre, cela signifie que $Re > 4000$, plus préféablement $Re > 5000$, en sachant que Re est le nombre de Reynolds. A cet effet, les tubes doivent avoir un diamètre interne relativement petit par rapport au débit d'écoulement, d'où le terme tuyau de petit diamètre. Tel connu

/

par l'homme de l'art, $Re = QD/\nu A$, où Q est le débit volumétrique (m^3/s), D est le diamètre intérieur du tuyau (m), ν est la viscosité cinématique (m^2/s) et A est la section transversale du tuyau (m^2). Les tuyaux de petit diamètre facilitent également l'écoulement du fluide à haute pression pour l'entrée et la sortie de la

5 chaleur, dans un tuyau à paroi relativement mince par rapport à des tuyaux de grand diamètre. Pour d'autres formes de section transversale, le Re dans des conditions normales de fonctionnement devrait donc être aussi dans l'intervalle pour un écoulement turbulent, étant donné qu'un écoulement turbulent dans l'échangeur de chaleur améliore l'échange de chaleur. Éventuellement,

10 l'échangeur de chaleur comporte des ailettes externes, des saillies, des plaques ou d'autres augmentations structurelles augmentant la surface d'échange thermique avec le support de stockage à l'état solide. Cependant, il faut être prudent pour éviter la fissuration du béton pour la conception détaillée. Comme alternatif ou complément aux radiateurs électriques incorporés, l'apport de

15 chaleur de la source électrique peut avoir lieu par chauffage du fluide caloporteur avant que ledit fluide n'atteigne les éléments.

Dans un mode de réalisation pour des applications à haute température, en raison de la résistance au stress thermique, l'élément comprend un échangeur

20 de chaleur ayant des tubes de petit diamètre, sous forme d'une section de tuyau de diamètre plus petit avec une extrémité ouverte disposée à l'intérieur d'une section de tuyau d'un diamètre plus grand avec une extrémité fermée.

De préférence, l'élément comprend un ou plusieurs échangeurs de chaleur

25 incorporés avec une conduite tubulaire d'un petit diamètre, comme un, deux, trois, quatre ou plus de sections de tuyau en forme de U, de préférence deux sections de tuyau en forme de U disposées en parallèle dans le matériel de stockage thermique solide, mais connectées à une entrée et une sortie communes, ou bien un ou plusieurs échangeurs de chaleur incorporés en forme

30 d'hélice avec un tube de petit diamètre. Ces modes de réalisation sont préférables pour un large intervalle de températures de fonctionnement et températures dynamiques. Comme mentionné, le terme tuyau de petit diamètre fait référence à un petit diamètre en comparaison au débit, résultant en un flux turbulent à un flux normal. Les modes de réalisation avec des tuyaux multiples

de petit diamètre en forme de U, ou des éléments multiples d'échangeur thermique en forme U ou en autre forme, peuvent être dans une tuyauterie continue ou plusieurs systèmes de tuyauterie, couplés en série ou en parallèle. Les systèmes continus de tuyauterie aident à économiser les connexions et

5 réduire les points de fuite, mais sont difficiles à exécuter.

L'élément comprend préférablement des moyens incorporés pour l'entrée et la sortie de la chaleur, disposés avec des connexions ou des terminaisons d'un côté de l'élément. La coque extérieure est de préférence une coque en acier en

10 tôle fine ayant une épaisseur de 0,1 - 1 mm, de préférence une épaisseur de paroi d'environ 0,5 mm, et qui est enroulée pour former une section transversale de forme circulaire de bandes d'acier, identiquement à un conduit de ventilation, et éventuellement formée davantage, par exemple en une forme hexagonale en coupe transversale, avec un couvercle de fond ou une

15 casquette. Le support de stockage thermique solide est de préférence un coulis apte au coulage ou un mélange de béton ayant une capacité accrue de stockage thermique, une meilleure conductivité thermique et une résistance accrue contre la fissuration induite par la chaleur, par rapport au béton de construction normale, qui est un béton standard à des fins de construction. Le

20 terme béton inclut dans ce contexte les matériaux réfractaires qui peuvent être durcis dans la coque externe, efficaces pour les températures de fonctionnement les plus élevées. Une coque externe en acier est alternativement formée par le pliage longitudinal de la bande métallique plate et l'assemblage des extrémités de la bande par soudage ou pliage.

25

L'invention fournit aussi un procédé de construction d'un élément selon l'invention. Le procédé se distingue par les étapes:

disposer la coque extérieure en position verticale, avec une extrémité supérieure ouverte,

30

pour remplir le coulis ou le mélange de béton dans l'enveloppe extérieure, jusqu'au niveau prescrit, en utilisant la coque métallique extérieure comme combinaison de coffrage de coulage et de renfort.

De préférence, le procédé comprend les étapes suivantes:

- Arranger les moyens d'entrée et de sortie de la chaleur au coque externe en utilisant les espaceurs et les dispositifs externes tel requis, avant la coulée, pour remplir le coulis ou le mélange de béton jusqu'au niveau prescrit ou
- 5 les extrémités ou bien les connexions des moyens mentionnés se tendent au dessus de l'élément en position verticale.

De préférence, le procédé consiste à faire vibrer l'élément au cours de la coulée, afin d'améliorer le compactage du béton et d'éliminer les bulles d'air.

10

L'invention concerne également l'utilisation des éléments de l'invention, dans la construction, l'augmentation ou la réduction, l'entretien, d'un stockage d'énergie thermique.

- 15 Le fait d'avoir une coque extérieure comme une coque métallique par exemple, qui est une forme combinée de coulée et de renfort facilite la production de masse, simple et rentable d'éléments facilement transportables. De préférence, l'élément ne contient pas d'armature ou de renfort, à l'exception des fibres ou des agrégats spéciaux dans le béton ou le coulis apte au coulage et l'effet
- 20 possible de renfort des échangeurs de chaleur ou des éléments de chauffage incorporés, ce qui simplifie la production et réduit les coûts. Le blindage ou le renforcement consiste de la coque extérieure. L'élément et par conséquent la coque extérieure, présente de préférence une forme ronde ou en substance une forme arrondie, comme observé en coupe transversale, étant donné que
- 25 cette forme fournit une résistance extrême à la fissuration induite par la chaleur, ce qui permet des températures très élevées et des intervalles de températures dynamiques très élevées en fonctionnement sans endommager l'élément. La coque externe en forme annulaire a une forme idéale pour prendre en charge les tensions annulaires comme constaté durant l'expérience en variant la
- 30 température pendant le fonctionnement d'un stockage thermique contenant des éléments de l'invention. De préférence, la coque externe est similaire à une section d'un conduit de ventilation, souvent appelé un tuyau de type "Spiro". C'est en faite une conduite enroulée, où les bandes métalliques en acier ou en aluminium sont pliées et/ou fusionnées lorsque la conduite est formée par

- enroulement. Un couvercle inférieur ou un capuchon ou un élément similaire, est prévu dans l'extrémité inférieure. La force de la coque, et donc son épaisseur doit être suffisante pour résister à la pression hydrostatique lors de la coulée du coulis ou du béton. Alternativement, toute section d'une conduite
- 5 étant suffisamment forte lors la coulée et le fonctionnement, pourrait être utilisée ou bien les plaques métalliques peuvent être soudées ou connectées d'autres égards. Le soudage électrique des bandes par agencement des bandes avec un chevauchement entre deux électrodes rotatives de compression est un exemple d'un procédé d'assemblage alternatif applicable.
- 10 Toutefois, les machines pour enrouler les conduites de type Spiro ou les conduites de ventilation sont disponibles sur le marché auprès de plusieurs fournisseurs. De telles machines sont utiles pour fabriquer la coque externe des éléments de l'invention.
- 15 L'invention concerne également un stockage d'énergie thermique, caractérisé en ce qu'il comprend des éléments de l'invention, une carcasse thermo-isolante, dans laquelle les éléments sont disposés, et des moyens pour l'entrée et la sortie de l'énergie thermique. Le nombre d'éléments de l'invention en stockage peut varier largement, et la caractéristique distinctive est l'adaptabilité
- 20 du stockage, applicable en ajoutant ou en éliminant des éléments de l'invention, étant d'une taille et d'un poids faciles à manipuler avec une grue de chantier. Le nombre d'éléments en stockage peut varier entre 2, 5, 10, 40, 100, 200 ou 500 et plus, et tout nombre entier compris dans l'intervalle. Par conséquent, ce nombre peut varier de moins de 10 à plusieurs dizaines de milliers ou plus, en
- 25 fonction de la taille de chaque élément et sa capacité de stockage d'énergie, ainsi que la capacité de stockage d'énergie souhaitée de l'ensemble du système de stockage. A titre d'exemple, un élément ayant une longueur de 12 mètres et un diamètre de 250 mm est capable de stocker 25-50 kWh d'énergie thermique ou plus, et ainsi une capacité de SET de 50 MWh nécessiterait entre
- 30 1000-2000 de tels éléments. De même, l'installation, l'entretien, la réparation et le remplacement est facile, en installant, en éliminant ou en disposant des éléments de l'invention avec une grue. Les éléments peuvent être disposés en position verticale, côte à côte, comme un ou plusieurs groupes d'éléments dans un stockage thermique, ou empilés en position horizontale comme un ou

plusieurs groupes de piles d'éléments dans un stockage thermique. Les éléments peuvent être disposés dans un montage ou un modèle ou avec des éléments intermédiaires pour l'empilage ou bien ils peuvent être disposés étroitement empilés ou emballés, en fonction de la performance demandée et

5 l'intégration dans les centrales existantes ou les systèmes et sources d'énergie disponibles. Les modes de réalisation divers ont des avantages divers. Cependant, il existe deux groupes principaux de modes de réalisation, à savoir avec ou sans fluide de transfert actif et de stockage de la chaleur dans le volume à l'intérieur du stockage, entre les éléments et à l'intérieur de la

10 carcasse. Ledit fluide de transfert actif et de stockage de la chaleur est soit stagnant ou dynamique. Lesdits fluides sont des liquides stagnants, par exemple une huile thermique, un sel fondu ou un métal fondu ou un matériau à changement de phase liquide-solide (PCM). Les dits fluides dynamiques sont des gaz ou liquides. Le compactage des éléments de l'invention peut être

15 possible pour les stockages de l'invention contenant un transfert stagnant de chaleur ou un liquide de stockage ou un PCM. Un fluide de transfert actif et dynamique et stockage de la chaleur dans le volume à l'intérieur du boîtier de stockage entre les éléments, est applicable pour l'emballage d'éléments permettant le flux entre les éléments. Ceci signifie un fluide circulant à travers le

20 stockage thermique, à l'extérieur et autour des éléments mais à l'intérieur du boîtier comportant une entrée et une sortie pour ce fluide. Ce fluide actif peut être un gaz chaud, tels que les gaz d'échappement, gaz de combustion, les gaz de fumée ou autres gaz chauds, jusqu'à l'atteinte de températures auxquelles la coque extérieure pourrait résister et des échangeurs de chaleur ou chauffages

25 incorporés et optionnels, jusqu'à des températures comprises entre 1000-1200 ° C. Les huiles actives peuvent être utilisées et des sels fondus actifs ou des métaux peuvent être utilisés. Le flux du fluide dynamique actif autour des éléments dans le boîtier est réalisé par gravité ou par flux forcé, ou les deux. La circulation forcée ou à convection forcée, est obtenue par pompage ou

30 compression séparés ou par pression inhérente du fluide délivré de la source. L'un des deux éléments ou les deux ensemble de la capacité augmentée de stockage de la chaleur et le débit augmenté de transfert de la chaleur est fourni avec le fluide de transfert et de stockage de chaleur à l'intérieur du boîtier, entre les éléments et le boîtier. En outre, pour des modes de réalisation de stockage

de chaleur avec un échangeur de chaleur encastré dans une partie ou la totalité des éléments, le chauffage et l'évaporation de l'eau en circulation ou d'un autre fluide est possible à travers l'échangeur de chaleur sont facilités, ce qui est bénéfique pour connecter l'échangeur de chaleur directement à une turbine, par exemple une turbine à vapeur. Pour l'évaporation directe de l'eau en vapeur dans les éléments, en prenant l'énergie à partir du stockage, l'écoulement d'eau à travers les échangeurs de chaleur et le stockage est de préférence agencé de manière graduelle, en agençant les éléments en horizontal et en arrangeant le flux de l'eau écouler progressivement ou par étapes en phase ascendante vers le haut, d'un élément à l'autre. Ainsi à la fois, le flux dans les échangeurs de chaleur encastrés et l'effet de séparation dû à la pesanteur agissant dans la direction souhaitée vers le haut et vers la sortie, et la sortie des échangeurs de chaleur est de préférence en un point de stockage élevé tandis que l'entrée de l'échangeur de chaleur est de préférence à un point bas du stockage .

L'élément selon l'invention peut comprendre toute caractéristique décrite ou illustrée dans ce document, dans une combinaison de fonctionnement quelconque, chacune de ces combinaisons est un mode de réalisation de l'invention. Le stockage selon l'invention peut comprendre toute caractéristique décrite ou illustrée dans ce document, dans une combinaison de fonctionnement quelconque, chacune de ces combinaisons est un mode de réalisation de l'invention. Le procédé selon l'invention peut comprendre toute caractéristique décrite ou illustrée dans ce document, dans une combinaison quelconque de fonctionnement, et chacune de ces combinaisons est un mode de réalisation de l'invention.

Figures

Cette invention est illustrée par 5 figures, dont
Figure 1 illustre un élément de l'invention,
Figure 2 illustre un autre mode de réalisation d'une élément de l'invention
Figure 3 illustre une méthode possible d'exécution du procédé de coulée de l'invention,

Figure 4 illustre un mode de réalisation supplémentaire d'un élément de l'invention et ainsi qu'un détail du stockage thermique de l'invention comprenant des éléments de l'invention, et
Figure 5 illustre un élément de l'invention avec plusieurs rangées d'échangeurs thermiques incorporés.

DESCRIPTION DETAILLÉE

Il est fait référence à la Fig 1, illustrant un élément 1 à double courbure de l'invention, dans une section longitudinale et section transversale. L'élément 1 pour le stockage thermique comprend des moyens pour l'entrée et la sortie de la chaleur 2, un support de stockage thermique solide 3 à l'intérieur de la coque métallique externe 4 étant un coffrage de coulage et un renforcement annulaire combinés. Le moyen pour l'apport de chaleur est l'une ou les deux d'échangeurs de chaleur avec un tube de petit diamètre 2 et un élément de chauffage électrique 2E, et le moyen de sortie de la chaleur est les échangeurs de chaleur avec un tube de petit diamètre 2. Les flèches pour le flux d'entrée et de sortie du fluide de transfert de chaleur (HTF) sont indiquées, et la figure illustre des espaceurs 5, un crochet en acier 6 (optionnel) servant comme un anneau de levage, et un embout en acier 7. L'élément à double courbure en U est appelé ainsi parce que deux courbures en U 5U sont disposées en parallèle, mais séparées d'une certaine distance dans le béton ou le coulis. Chaque échangeur de chaleur avec un tube de petit diamètre s'étend du béton de l'élément, avec les extrémités supérieures qui s'étendent au dessus du béton, en arrivant à l'extrémité inférieure de l'élément, ou la courbure en U lie les deux sections parallèles rectilignes. Les coudes 5U sont assemblés par soudage ou par un autre procédé pour les sections rectilignes minces du tuyau. En variante, un tube mince continu aurait pu être plié en forme correcte dans une machine de pliage, par exemple une machine de pliage à induction, avec de nombreuses courbures et plusieurs sections rectilignes, avec les extrémités terminales s'étendant au-dessus du béton. Éventuellement, un ou plusieurs des coudes supérieurs peuvent s'étendre au-dessus du béton, pour servir comme anneaux de levage. En variante, deux ou plusieurs coudes en U intégrés dans un élément peuvent être connectés en série. Le diamètre du tube est suffisamment petit pour assurer un écoulement turbulent, et l'agencement

fournit une petite distance de conduction de la chaleur et une grande surface, tout en fournissant un élément relativement petit et léger, facile à soulever et manipuler avec des grues simples, ce qui est considéré comme un mode de réalisation préférable.

5

Il est fait référence à la Fig. 2, où un élément pipe-in-pipe de l'invention est illustré en coupe longitudinale et transversale. Des éléments similaires ou identiques portent les mêmes références numériques que dans la Fig. 1. Les moyens pour l'entrée et la sortie de la chaleur dans ce mode de réalisation

10 sont: un tube intérieur 2i disposé dans un tube extérieur 2o, ce qui est clairement affiché dans la Figure. Le tube intérieur 2i a une extrémité inférieure ouverte, lorsque l'élément est en position verticale, comme lors de la coulée, et que l'extrémité inférieure du tuyau interne n'a pas été ramenée vers l'extrémité inférieure du tuyau externe 2o. L'extrémité inférieure du tuyau externe est

15 fermée, soit avec le bouchon d'acier 4L dans l'extrémité inférieure de l'élément ou par un bouchon séparé ou un couvercle 8. Le tuyau externe est identiquement fermé vers le tuyau interne vers l'extrémité 9. Pour cette forme de réalisation, les entretoises intérieures 5i et les écarteurs extérieurs 5o sont prévus, pour maintenir le tronçon de tube intérieur et extérieur lors de la coulée,

20 respectivement. Le mode de réalisation pipe-in-pipe est applicable lorsque la contrainte induite par la chaleur est extrême, comme aux extrémités terminales des empilements d'éléments dans un grand stockage thermique comprenant de nombreux éléments connectés en série. La surface de la section transversale d'écoulement du tube intérieur et le tube extérieur avec le tube intérieur inséré,

25 sont similaires ou identiques, ou le numéro de Reynold du tube intérieur et tube extérieur avec le tube intérieur inséré sont similaires ou identiques, fournissant un écoulement turbulent, contrairement aux solutions de l'art antérieur.

La figure 3 illustre un procédé de l'invention pour la construction d'un élément

30 de l'invention. Plus précisément, l'étape de coulée est illustrée, où l'enveloppe métallique extérieure, dans laquelle les moyens d'entrée et de sortie de chaleur sont disposés correctement (non illustré spécifiquement), est rempli de coulis ou de béton jusqu'au niveau prescrit 3P (visible dans les figs nos. 1 et 2) où les extrémités ou les connexions dudit moyen s'étendent au-dessus de la partie

✓

supérieure de l'élément en position verticale. L'utilisation de l'enveloppe extérieure comme une forme combinée de coulée et de renforcement annulaire, est essentiel à cet égard, de sorte qu'aucune forme distincte, aucun renforcement ou blindage supplémentaires ne sont nécessaires. En

5 conséquence, le coût et le travail avec des formes de coulée et de renforcement séparés sont évités, en aidant à simplifier le procédé et la réduction des coûts. L'équipement typique pour le mélange et la livraison de béton peut être utilisé, comme un mélange sec de silo 10, un mélangeur de béton obligatoire 11 et des seaux de béton 12 à manipuler par une grue 13 pour

10 l'opération de coulée. Les arrangements alternatifs de chantier peuvent être utilisés, tels que le pompage du mélange de béton dans les coques extérieures, ou en utilisant un appareil combiné d'alimentation et de mélange, tel qu'un vis ou un convoyeur d'alimentation et de mélange, ou d'une bande transporteuse. La hauteur typique de l'élément, en position verticale, est comprise entre 4-12

15 m, alors que le diamètre typique est compris entre 0,20 à 0,35 m. Le poids typique de l'élément est entre 0.4-2 tonnes métriques. La mise à l'échelle du stockage est simple, en ajoutant ou supprimant des éléments. Le remplacement des éléments endommagés est simple en utilisant une grue, facilitant ainsi la maintenance. Les éléments peuvent être moulés directement comme

20 positionnés dans le stockage de l'invention.

La Figure 4 illustre un mode de réalisation supplémentaire d'un élément 1 de l'invention, ainsi qu'un détail du stockage thermique de l'invention comprenant des éléments de l'invention. Plus spécifiquement, l'élément illustré dans la

25 section transversale C et la section longitudinale L, a une forme de coupe transversale plane et rectangulaire, avec des côtés courts en demi-cercle, comme observé dans la vue en coupe transversale. Les échangeurs thermiques 2 sont moulés dans le béton 3 dans la coque externe ou bien dans le revêtement 4 et sont alors incorporés. Dans un stockage thermique de

30 l'invention, les éléments peuvent être disposés dans une position verticale, horizontale, ou inclinée. Un détail d'un stockage S de l'invention, avec un positionnement décalé des éléments pour améliorer le transfert de chaleur du fluide actif dynamique de transfert et le stockage de la chaleur, est également illustré.

La Figure 5 illustre un élément 1 de l'invention avec plusieurs rangées d'échangeurs thermiques incorporés 2 dans la coque externe rectangulaire 4.

5

L'élément de l'invention est conçu pour toute température de fonctionnement allant de sous zéro jusqu'à 1000°C ou plus. La température de fonctionnement est limitée par les propriétés du matériau et du fluide et adaptée à l'application spécifique du SET; typiquement 200-550 ° C pour les stockages thermiques connectés aux turbines à vapeur ou aux Cycles organiques de Rankine. Cependant, si elle est utilisée pour des fins de chauffage urbain, d'entreposage en congélateur ou de conditionnement d'air, la température de l'élément peut être en dessous de zéro, par exemple inférieure à 40 ° C ou à 100 ° C. Les températures très basses peuvent exiger un liquide spécial pour la circulation dans les conduites d'entrée et de sortie de la chaleur. Il est à noter que le fluide à l'intérieur de l'échangeur de chaleur n'est pas en contact direct avec le béton; ce qui signifie qu'il n'y aura pas de problème avec l'utilisation de fluides sous pression ou de fluides avec une composition chimique qui peut endommager le béton pour des moyens de transfert de chaleur.

20

REVENDEICATIONS

1. Elément pour le stockage d'énergie thermique facilement adaptable, caractérisé en ce que l'élément comporte:
 - 5 L'enveloppe externe étant un coffrage de coulage et un renfort combinés, Un support de stockage thermique solide en forme de béton durci, qui est moulé et durci dans la coque externe.
 2. L'élément selon la revendication 1, où la coque externe est une coque
10 métallique ayant une forme de section transversale qui est circulaire.
 3. L'élément selon les revendications 1 ou 2, où la coque externe a une extrémité ouverte dans laquelle le béton frais est versé et moulé.
 - 15 4. L'élément selon l'une des revendications 1-3, où la coque métallique extérieure est une coque métallique ondulée, avec des ondulations régulières ou une surface bucked du tuyau de type Spiro.
 5. L'élément selon l'une des revendications 1-4, comprenant un échangeur
20 thermique et/ou un élément de chauffage électrique, en tant que moyens pour l'entrée et la sortie de la chaleur, lesdits moyens sont coulés dans le béton et alors incorporés dans l'élément.
 6. L'élément selon l'une des revendications 1-5, comprenant un échangeur de
25 chaleur incorporé et dimensionné pour assurer un flux turbulent dans des conditions de fonctionnement normales.
 7. L'élément selon l'une des revendications 1-6, comprenant un échangeur de
30 chaleur ayant un tuyau de petit diamètre, sous forme d'une section de tuyau de diamètre plus petit avec une extrémité ouverte disposée à l'intérieur d'une section de tuyau d'un diamètre plus grand avec une extrémité fermée.
 8. L'élément selon l'une des revendications 1-7, comprenant un ou plusieurs échangeurs de chaleur incorporés avec une conduite tubulaire d'un petit

diamètre, en forme de sections de tuyaux en forme de U tuyau en forme de U, de préférence deux sections de tuyau en forme de U disposées en parallèle dans le matériel de stockage thermique solide.

- 5 9. L'élément selon l'une des revendications 1-8, comprenant des moyens incorporés pour l'entrée et la sortie de la chaleur, disposés avec des connexions ou des terminaisons d'un côté de l'élément; la coque externe est une coque en acier ayant une épaisseur de 0,1 - 1 mm, de préférence une épaisseur de paroi d'environ 0,5 mm, et qui est enroulée pour former une
- 10 section transversale de forme circulaire de bandes d'acier, similaire à un conduit de ventilation, et dotée d'un couvercle ou d'un capuchon inférieurs, et le moyen solide de stockage thermique est un coulis apte au coulage ou un mélange de béton ayant une capacité accrue de stockage thermique, une meilleure conductivité thermique et une résistance accrue contre la fissuration
- 15 induite par la chaleur, par rapport au béton de construction normale.

10. Procédé de construction d'un élément selon l'une des revendications 1-9, caractérisé par les étapes suivantes:

- 20 Disposer la coque extérieure en position verticale, avec une extrémité supérieure ouverte,

Remplir le coulis ou le mélange de béton dans l'enveloppe extérieure, jusqu'au niveau prescrit, en utilisant la coque métallique extérieure comme combinaison de coffrage de coulage et de renfort.

25

11. Procédé selon la revendication 10, comprenant les étapes suivantes:

Arranger les moyens d'entrée et de sortie de la chaleur au coque externe en utilisant les espaceurs et les dispositifs externes comme requis, avant la coulée,

30

Pour remplir le coulis ou le mélange de béton jusqu'au niveau prescrit ou les extrémités ou bien les connexions des moyens mentionnés se tendent au-dessus de l'élément en position verticale.

12. Le procédé selon les revendications 10 ou 11, comprenant l'étape:
consistant à faire vibrer l'élément durant la coulée.
13. L'utilisation de l'élément selon l'une des revendications 1-9, pour la
5 construction, la mise à échelle ou l'entretien, d'un stockage d'énergie thermique.
14. Le stockage d'énergie thermique, caractérisé en ce qu'il comprend des
éléments selon l'une des revendications 1-9, une carcasse thermo-isolante
dans laquelle les éléments sont disposés et les moyens pour l'entrée et la sortie
10 de l'énergie.
15. Le stockage d'énergie thermique selon la revendication 14, comprenant un
fluide de transfert et de stockage d'énergie thermique ou un matériau à
changement de phase, disposés dans la carcasse du stockage, entre les
15 éléments.

1/5

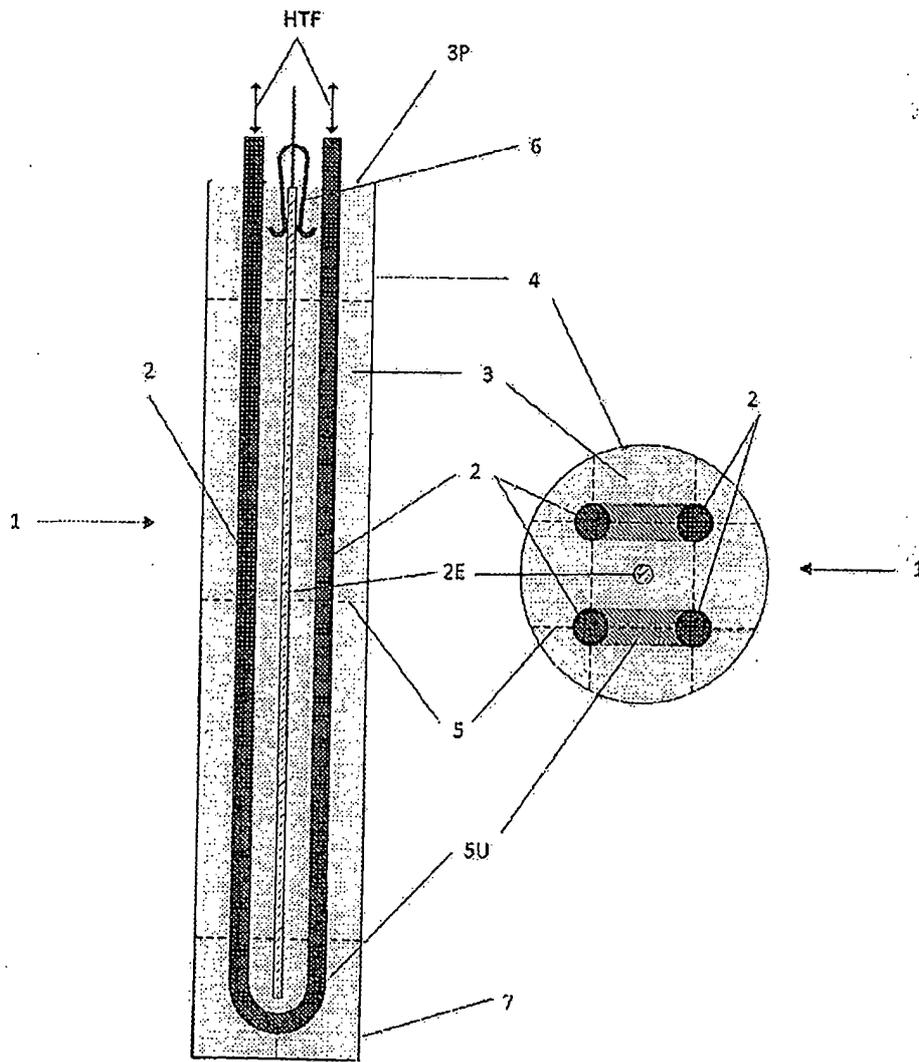


Figure 1

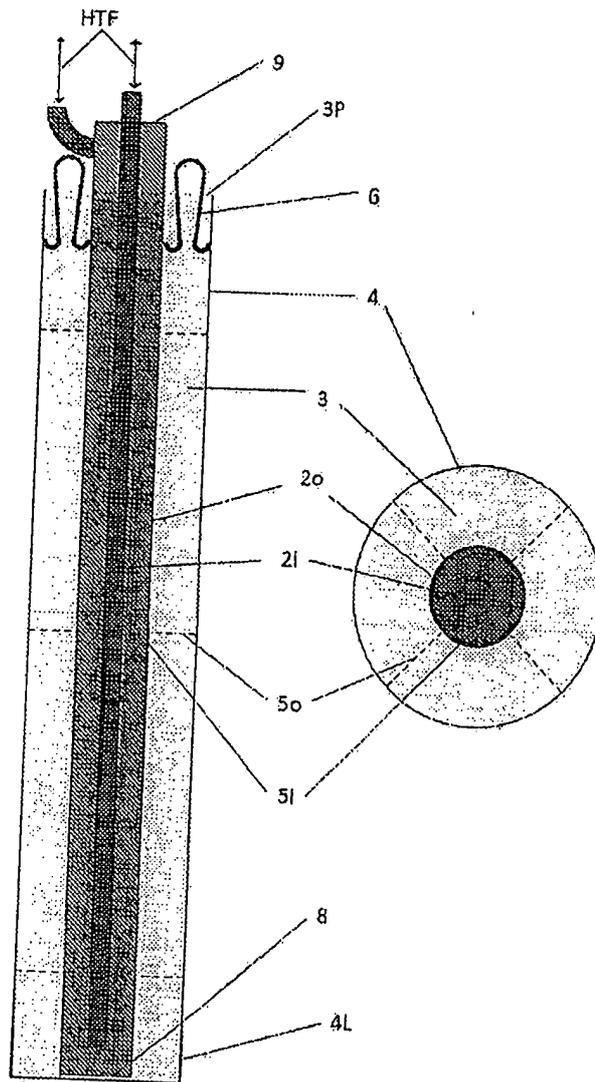


Figure 2

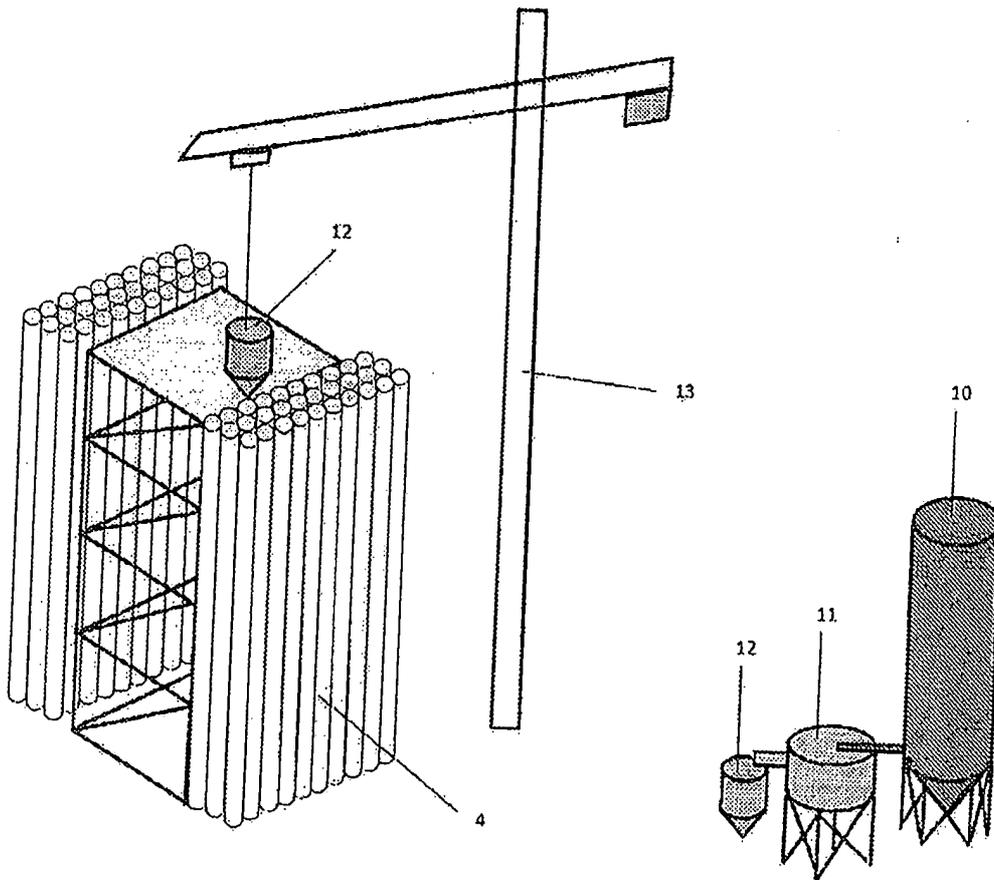


Figure 3

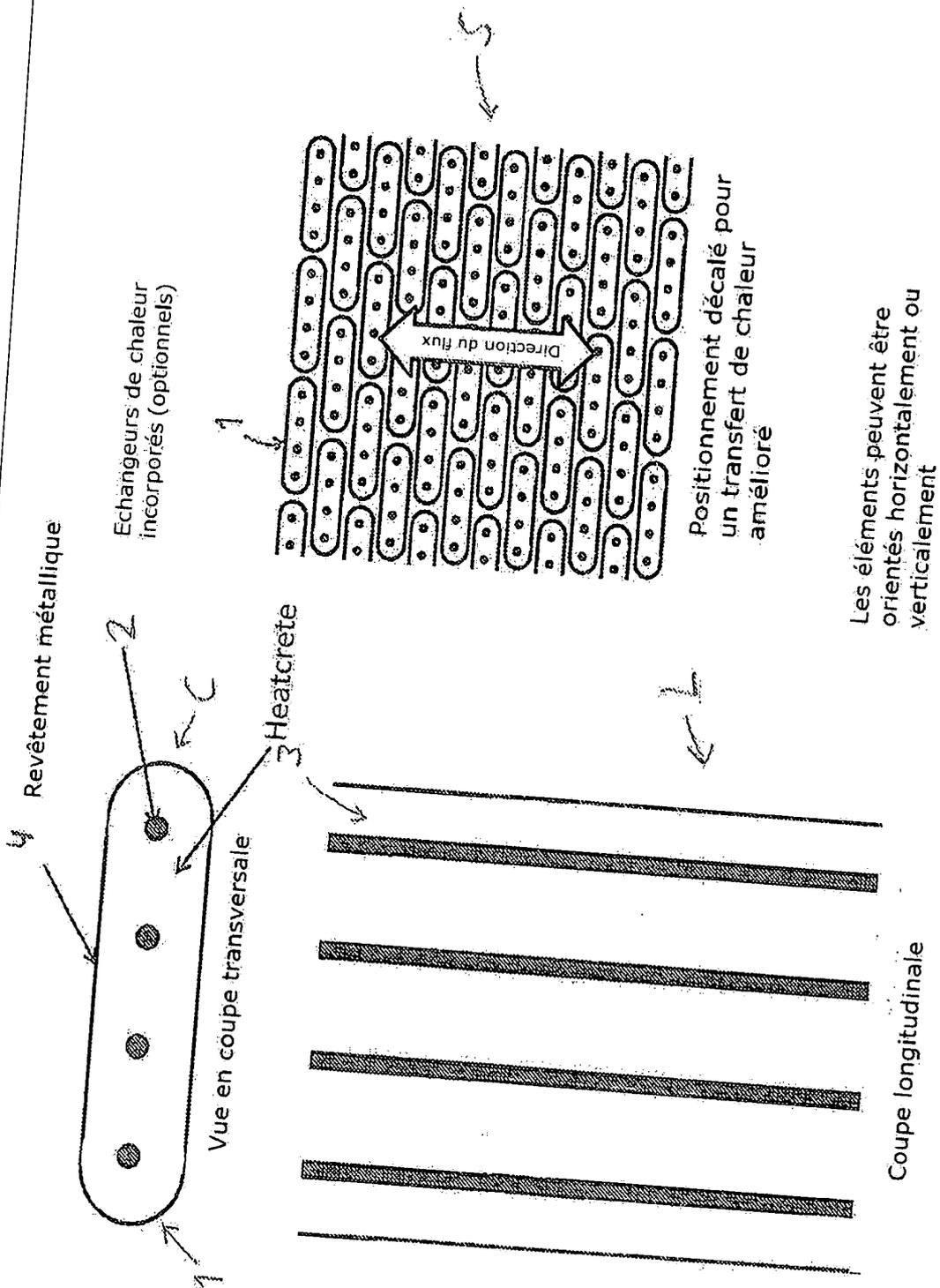
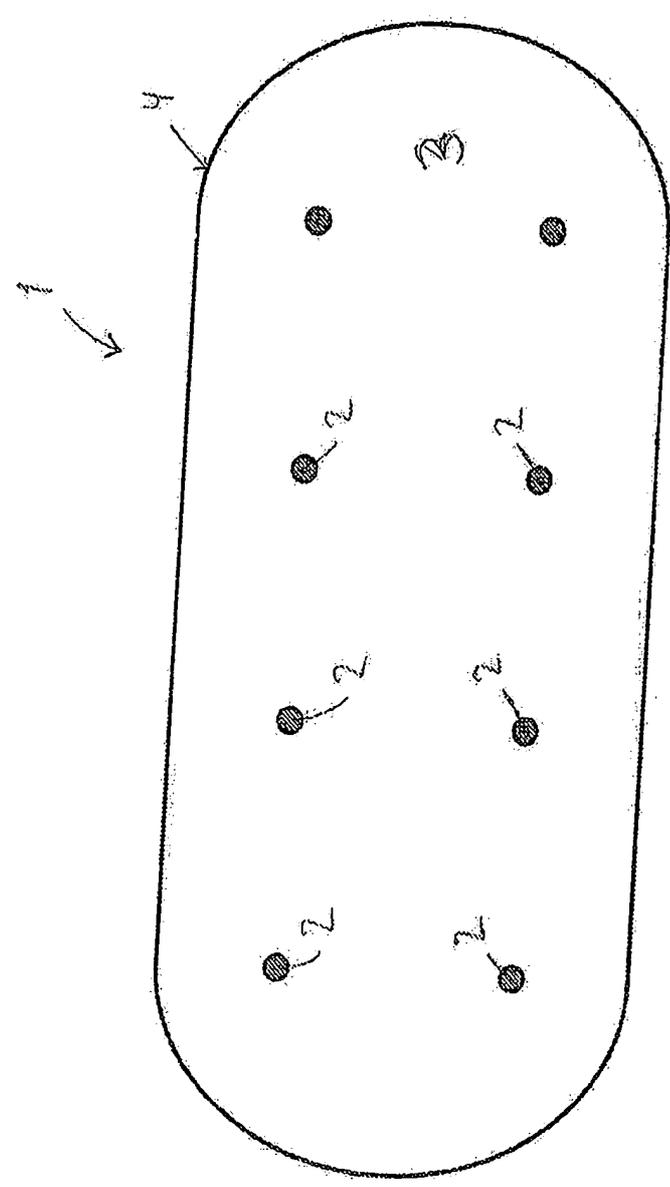


Figure 4



Exemple de disposition en rangées multiples

Figure 5



**RAPPORT DE RECHERCHE
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et
complétée par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 39191	Date de dépôt : 19/12/2014 Date d'entrée en phase nationale : 15/07/2016
Déposant : ENERGYNEST AS	Date de priorité: 20/12/2013
Intitulé de l'invention : ÉLÉMENT POUR LE STOCKAGE D'ÉNERGIE THERMIQUE	
<p>Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.</p> <p>Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com, et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.</p>	
<p>Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :</p> <p>Partie 1 : Considérations générales</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport</p> <p><input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité</p> <p><input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés</p> <p>Partie 2 : Rapport de recherche</p> <p>Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité</p> <p><input type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de clarté</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle</p> <p><input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications dont aucune recherche significative n'a pu être effectuée</p> <p><input type="checkbox"/> Cadre 7 : Défaut d'unité d'invention</p>	
Examineur: M. EL KINANI	Date d'établissement du rapport : 23/12/2016
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	

Partie 1 : Considérations générales

Cadre 1 : base du présent rapport

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description
18 Pages
- Revendications
15
- Planches de dessin
5 Pages

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : F28D 1/00, 1/02

Bases de données électroniques consultées au cours de la recherche :

EPOQUE, Orbit

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
X	WO2012169900 ; NEST AS [NO] ; 13-12-2012 Tout le document	1-7, 9-14
Y		8, 15
X	GB2049921 ; GRAVARE C J ; 31-12-1980 Page 1, colonne 1, lignes 17-42	1
X	US5623986 ; WIGGS, B. RYLAND ; 29-04-1997 Fig. 2 ; description colonne 3, ligne 50-colonne 4, ligne 2	1-9
Y	US6789608 ; WIGGS B. RYLAND ; 14-09-2004 Fig. 1, 6 ; description colonne 6, lignes 35-56	8
X	US5816314 ; WIGGS, B. RYLAND; 06-10-1998 Fig. 2, description colonne 6, ligne 28-67	1-9
Y	EP2525051 ; ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]; 21-11-2012	15

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
-« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs
-« E » Eventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité		
<i>Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle</i>		
Nouveauté (N)	Revendications 1-9, 11-15 Revendications 10	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications aucune Revendications 1-15	Oui Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-15 Revendications aucune	Oui Non
<p>Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure</p> <p>D1 : WO2012169900</p> <p>1. Nouveauté (N) :</p> <p>Aucun document de l'état de la technique considéré ne divulgue un élément pour le stockage de l'énergie thermique conformément à la partie caractérisante de la revendication 1.</p> <p>D'où l'objet de la revendication 1 est nouveau au sens de l'article 26 de la loi N° 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. Par conséquent, l'objet des revendications dépendantes 2-9 est également nouveau.</p> <p>Le procédé de construction d'un élément pour le stockage thermique caractérisé par les étapes : disposer la coque extérieure en position verticale, avec une extrémité supérieure ouverte ; remplir le coulis ou le mélange de béton dans l'enveloppe extérieure, jusqu'au niveau prescrit, en utilisant la coque métallique extérieure comme combinaison de coffrage et de coulage de renfort, est connue de D1. D'où l'objet de la revendication 10 n'est pas nouveau au sens de l'article 26 de la loi N° 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.</p> <p>La revendication dépendante 11 décrit l'arrangement des moyens d'entrée et de sortie de la chaleur à la coque externe en utilisant les espaceurs et les dispositifs externes comme requis avant la coulée. D'où l'objet des revendications 11, 12 est considéré comme nouveau au sens de l'article 26 de la loi N° 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.</p> <p>L'objet des revendications d'utilisation 13 et de dispositif 14 se rapporte à l'objet des revendications 1-9 et est alors nouveau au sens de l'article 26 de la loi N° 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. Par conséquent, l'objet de la revendication dépendante 15 est également nouveau.</p> <p>2. Activité inventive (AI) :</p> <p>Le document D1 considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1 divulgue un élément pour le stockage de l'énergie thermique (Cf. D1, figure 14) et une méthode pour le moulage d'un support de stockage thermique en forme de béton durci (Cf. D1, page 20, lignes 4-13) par l'utilisation d'une plaque de fond 33, des tiges de canaux 34, du béton 35, des parois articulées 36 et une plaque supérieure perforée 39 sont</p>		

illustrées. Le béton est versé à partir du dessus 40, le béton est compacté par vibration de la forme ou par des vibrateurs insérés, la plaque supérieure 39 avec des tiges de canaux 34 sont tirées vers le haut après le durcissement du béton, La plaque de fond 33 est également retirée lorsque le durcissement est suffisant. Ledit procédé représente un mode de réalisation de l'invention.

Par conséquent l'objet de la revendication 1 diffère de ce document en ce que l'élément pour le stockage de l'énergie thermique comprend une enveloppe externe dans laquelle le béton est moulé et durci.

Le problème objectif que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme modifier l'élément pour le stockage de l'énergie thermique connue pour améliorer le coffrage de coulage du béton.

En tout état de cause, D1 décrit (Cf. page 20, lignes 11-13) que d'autres manières de fabriquer des supports de béton sont également réalisables, telles que l'utilisation d'une enveloppe métallique externe, en tant que coffrage et renforcement externe permanent. L'homme du métier saurait réaliser un support de stockage thermique en béton durci, qui soit moulé et durci dans ladite enveloppe métallique, sans faire preuve d'activité inventive.

D'où l'objet de la revendication 1 n'implique pas d'activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

Les revendications dépendantes 2-9, 11 et 12 ne contiennent pas de caractéristiques supplémentaires qui satisfont aux exigences de l'article 28 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13 en matière d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées, du fait qu'elles soient connues ou présentent des résultats de développement ordinaire par l'homme du métier, en partant de l'enseignement de D1.

L'objet des revendications d'utilisation 13 et de dispositif 14 et 15 se rapporte à l'objet des revendications 1-9 et n'implique également pas d'activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.