

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 27.12.21.

⑫③ Priorité :

⑫④ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 30.06.23 Bulletin 23/26.

⑫⑤ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑫⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablis-
sement public à caractère industriel et commercial —
FR.

⑦② Inventeur(s) : PIQUARD Louis, BENTIVOGLIO
Fabrice et BLOT Menelik.

⑦③ Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablis-
sement public à caractère industriel et commercial.

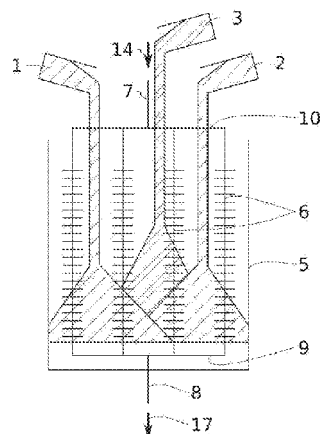
⑦④ Mandataire(s) : CABINET HAUTIER.

⑤④ Procédé de préparation d'un système de stockage thermique et dispositif associé.

⑤⑦ Procédé de préparation d'un système de stockage
thermique et dispositif associé

L'invention concerne un procédé de préparation d'un
système de stockage thermique par un mélange de maté-
riaux à changement de phase (MCP) liquide/solide comp-
renant une cuve de stockage du mélange de MCPs, et un
système de circulation plongeant dans la cuve, destiné à la
circulation d'un fluide caloporteur pour stocker et extraire de
la chaleur du mélange de MCPs, et un dispositif d'injection
de gaz pour former des bulles de gaz en partie inférieure de
la cuve dans le mélange de MCPs, caractérisé en ce qu'il
comprend les étapes suivantes: d'introduction dans la cuve,
à l'état solide, de chaque MCP, destiné à former le mélange
de MCP, de chauffage de la cuve par la circulation du fluide
caloporteur chaud pour faire passer chaque MCP introduit
dans la cuve de l'état solide à l'état liquide, d'agitation par le
dispositif d'injection de gaz des MCPs à l'état liquide dans la
cuve pour obtenir le mélange de MCPs à l'état liquide.

Figure pour l'abrégi : Fig.2B



Description

Titre de l'invention : Procédé de préparation d'un système de stockage thermique et dispositif associé

Domaine technique

- [0001] La présente invention concerne les Systèmes de Stockage Thermique (SST) par un mélange de Matériaux à Changement de Phase (MCP) Solide-Liquide.
- [0002] Tous les SST utilisant un mélange, eutectique ou non, de deux MCPs ou plus sont susceptibles d'être concernés par l'invention, et plus particulièrement les MCPs présentant un problème de surfusion.
- [0003] La présente invention trouvera son application pour des SST sur des réseaux de chaleur, urbains, ruraux ou industriels ainsi que dans le stockage de l'énergie solaire. L'invention pourra également trouver des applications dans l'habitat, le transport thermique hors réseaux (camions, bateaux...) et le management thermique de systèmes embarqués.

ETAT DE LA TECHNIQUE

- [0004] Les systèmes de stockage thermique (SST) permettent notamment une meilleure intégration des énergies renouvelables intermittentes lorsqu'ils sont insérés sur un réseau de chaleur. Les SST par chaleur latente ont l'avantage d'avoir des densités de stockages plus élevées (jusqu'à plus de 100kWh/m³) que les technologies par chaleur sensible, principalement utilisées aujourd'hui. Toutefois les performances d'un SST par chaleur latente sont intimement liées aux propriétés du Matériau à Changement de Phase (MCP) utilisé pour stocker la chaleur latente. Il est donc nécessaire de proposer de nouveau MCP plus performant, plus stable chimiquement, inoffensif et si possible biosourcé.
- [0005] Dans ce contexte les mélanges de MCPs sont de plus en plus étudiés, car ils permettent notamment d'abaisser la température de fusion du mélange par rapport à celles de chacun des composants du mélange. Les eutectiques binaires, des mélanges de deux matériaux dans des proportions spécifiques permettant d'obtenir le même comportement en fusion qu'un corps pur, sont particulièrement étudiés. Ces différents mélanges permettent d'élargir le catalogue de MCPs disponible et donc d'aller chercher de nouvelles températures d'application.
- [0006] Par exemple, pour une utilisation sur les réseaux de chaleur, les températures maximales fournies par le réseau ont tendance à diminuer et le développement de nouveaux MCPs adaptés à ces températures plus faibles est alors nécessaire. Une solution consiste à utiliser des mélanges de plusieurs MCPs, individuellement utilisés pour des températures de stockage plus élevées. Le xylitol et l'érythritol, à titre

d'exemple, sont deux alcools de sucre identifiés comme des MCPs prometteurs pour des applications entre 90°C et 120°C. Toutefois, ces deux matériaux peuvent former un eutectique binaire avec une température de fusion permettant des applications à 80°C, mieux adapté aux températures des sous-stations de réseau de chaleur urbain.

- [0007] Des compositions de mélanges pour diverses applications sont décrites dans la littérature scientifique.
- [0008] A l'échelle du laboratoire, la préparation de ces mélanges est relativement simple et est souvent réalisée en mélangeur ou agitateur de type Turbula®. Les différents composants du mélange sont broyés et agités sous forme de poudre pour homogénéiser le produit final avant son utilisation comme matériau de stockage thermique.
- [0009] Habituellement, les MCPs à l'état solide, notamment sous forme de poudre, sont mélangés et livrés sous cette forme pour ensuite effectuer le remplissage des cuves des SST sous leur forme solide ou éventuellement directement sous forme liquide.
- [0010] Pour des cuves de stockage thermique pouvant utiliser plusieurs tonnes de MCPs, la préparation du mélange homogène sous forme solide peut s'avérer extrêmement coûteuse et représente un frein conséquent à l'utilisation de ces mélanges de MCPs, pourtant prometteurs.
- [0011] Par ailleurs, il existe des systèmes de stockage thermique par MCP qui comprennent des systèmes d'injection de gaz configurés pour générer des bulles de gaz dans la partie inférieure du stockage et qui remontent d'injection de gaz est utilisé pour rompre la surfusion de certains MCPs comme les alcools de sucre dans une optique d'amorçage de la cristallisation des MCPs utilisés.
- [0012] La présente invention a pour but de proposer une solution qui permet de préparer un système de stockage thermique avec un mélange de MCPs qui soit facile à mettre en œuvre et peu coûteuse.
- [0013] Les autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à l'examen de la description suivante et des dessins d'accompagnement. Il est entendu que d'autres avantages peuvent être incorporés.

RESUME

- [0014] Pour atteindre cet objectif, selon un mode de réalisation l'invention prévoit un procédé de préparation d'un système de stockage thermique (SST) par un mélange de matériaux à changement de phase (MCP) liquide/solide comprenant :
- une cuve de stockage d'énergie thermique destinée à recevoir le mélange de MCPs, et
 - un système de circulation plongeant dans la cuve, destiné à la circulation d'un fluide caloporteur issu d'un réseau externe de circulation du fluide caloporteur, pour stocker et extraire de la chaleur du mélange de MCPs, et
 - un dispositif d'injection de gaz configuré pour former des bulles de gaz en

partie inférieure de la cuve dans le mélange de MCPs,
caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- d'introduction dans la cuve, à l'état solide, de chaque MCP, destiné à former le mélange de MCPs
- de chauffage de la cuve par la circulation du fluide caloporteur chaud dans le système de circulation pour faire passer chaque MCP introduit dans la cuve de l'état solide à l'état liquide,
- d'agitation par le dispositif d'injection de gaz des MCPs à l'état liquide dans la cuve pour obtenir le mélange de MCPs à l'état liquide.

[0015] Ce procédé de préparation permet de remplir directement le SST avec chaque composant du mélange final, ce qui permet de complètement supprimer une étape jusqu'ici obligatoire: la confection et l'homogénéisation du mélange sous forme solide, notamment de poudre, avant remplissage. Ce procédé a donc l'avantage d'être bien moins couteux et est relativement simple à mettre en œuvre.

[0016] De plus, l'agitation par bullage est peu intrusive et relativement simple à mettre en œuvre au cours du procédé de préparation. L'agitation créée par bullage est certes moins intense, mais plus homogène qu'une agitation mécanique par hélice et permet plus facilement d'agiter l'ensemble de la cuve.

[0017] Selon ce procédé, le mélange est donc réalisé à chaud sous forme liquide directement dans la cuve du SST.

[0018] Préférentiellement chaque MCP est introduit dans la cuve sous forme de poudre.

[0019] Avantageusement, le procédé ne comprend pas de mélange des MCPs à l'état solide, préalable à l'introduction des MCPs dans la cuve.

[0020] Un autre aspect concerne un système de stockage thermique par un mélange de matériaux à changement de phase (MCP) liquide/solide pour la mise en œuvre du procédé tel que décrit ci-dessus comprenant :

- une cuve (1) de stockage d'énergie thermique destinée à recevoir le mélange de MCP, et
- un système de circulation plongeant dans la cuve (1), destiné à la circulation d'un fluide caloporteur issu d'un réseau externe de circulation du fluide caloporteur, pour stocker et extraire de la chaleur du mélange de MCP, et
- un dispositif d'injection de gaz configuré pour former des bulles de gaz en partie inférieure de la cuve dans le mélange de MCP permettant de générer une agitation des MCP à l'état liquide dans la cuve pour obtenir le mélange de MCP à l'état liquide
- un module d'introduction dans la cuve, à l'état solide, de chaque MCP, destiné à former le mélange, le module d'introduction étant amovible.

[0021] Un autre aspect concerne une utilisation d'un dispositif d'injection de gaz dans une

cuve d'un système de stockage thermique tel que décrit ci-dessus lors d'un procédé de préparation d'un SST tel que décrit ci-dessus pour former des bulles de gaz en partie inférieure de la cuve dans des MCPs permettant de générer une agitation des MCPs à l'état liquide pour obtenir le mélange de MCPs à l'état liquide.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0022] Les buts, objets, ainsi que les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description détaillée d'un mode de réalisation de cette dernière qui est illustré par les dessins d'accompagnement suivants dans lesquels :

[0023] [Fig.1A] Les figures 1A à 1D représentent les différentes étapes du procédé selon un premier mode de réalisation de l'invention,

[0024] [Fig.1B]

[0025] [Fig.1C]

[0026] [Fig.1D]

[0027] [Fig.2A] Les figures 2A à 2D représentent les différentes étapes du procédé selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

[0028] [Fig.2B]

[0029] [Fig.2C]

[0030] [Fig.2D]

[0031] Les dessins sont donnés à titre d'exemples et ne sont pas limitatifs de l'invention. Ils constituent des représentations schématiques de principe destinées à faciliter la compréhension de l'invention et ne sont pas nécessairement à l'échelle des applications pratiques.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

[0032] Avant d'entamer une revue détaillée de modes de réalisation de l'invention, sont énoncées ci-après des caractéristiques optionnelles qui peuvent éventuellement être utilisées en association ou alternativement :

[0033] Selon un exemple, le chauffage de la cuve est au moins partiellement simultané à l'introduction dans la cuve de chaque MCP à l'état solide. En effet, un MCP sous forme de solide et notamment de poudre occupe beaucoup plus de volume qu'à l'état liquide, il peut être avantageux de faire fondre le MCP au moins en partie simultanément à son introduction dans la cuve.

[0034] Selon un exemple, l'agitation est au moins partiellement simultanée au chauffage. Préférentiellement, l'agitation débute dès que le ou les MCP introduit(s) est / sont à l'état liquide. Préférentiellement, l'agitation se poursuit pendant une durée prédéfinie.

[0035] Selon un exemple, chaque MCP est introduit dans la cuve sous forme de poudre.

[0036] Selon un exemple, chaque MCP introduit lors de l'étape d'introduction dans la cuve est à température ambiante entre 20 et 25°C.

- [0037] Selon un exemple, l'introduction dans la cuve est réalisée par au moins une canne de transfert de poudre introduite dans la cuve.
- [0038] Selon un exemple, le chauffage de la cuve est réalisé à une température supérieure aux températures de fusion de chaque MCP.
- [0039] Selon un exemple, le procédé ne comprend pas de mélange des MCPs à l'état solide, préalable à l'introduction des MCPs dans la cuve.
- [0040] Selon un exemple, l'agitation est réalisée par les bulles de gaz, le gaz étant choisi parmi le groupe comprenant de l'air, ou un gaz inerte tel que de l'azote. En effet, il est possible de buller avec un autre gaz que de l'air pour éventuellement protéger, par un ciel de gaz inerte, les composants du mélange d'une potentielle dégradation chimique lors de l'homogénéisation à chaud en phase liquide.
- [0041] Selon un exemple, le procédé comprend une étape de mise en place et de retrait du dispositif d'injection de gaz dans la cuve.
- [0042] Le procédé comprend une étape de refroidissement du mélange de MCP à l'état liquide par la circulation du fluide caloporteur froid dans le système de circulation pour cristalliser le mélange de MCP.
- [0043] Pour la suite de la description, on entend par 'haut' et 'bas', ou leurs dérivés, une qualité de positionnement relatif d'un élément du SST lorsque celui-ci est installé de façon fonctionnelle, le 'haut' étant orienté à l'opposé du sol et le 'bas' étant orienté vers le sol. L'extrémité/la partie supérieure se situe en haut et l'extrémité/la partie inférieure se situe en bas.
- [0044] On entend par un paramètre « sensiblement égal/supérieur/inférieur à » une valeur donnée, que ce paramètre est égal/supérieur/inférieur à la valeur donnée, à plus ou moins 10 % près, voire à plus ou moins 5 % près, de cette valeur.
- [0045] L'amont et l'aval, l'entrée, la sortie, en un point donné sont pris en référence au sens de circulation du fluide.
- [0046] La numérotation premier, deuxième, troisième, etc. nième doit s'entendre sans limitation et sans lien avec la nécessité d'avoir nième-1 ou un nième+1.
- [0047] L'invention concerne un Système de Stockage Thermique (SST) et un procédé de préparation d'un SST. Le stockage de l'énergie thermique permet à la chaleur d'être utilisée en différé. La chaleur peut être stockée sous plusieurs formes. L'invention s'attache au stockage sous la forme de chaleur latente avec l'utilisation de matériaux à changement de phase qui emmagasinent l'énergie à mesure qu'ils changent de phase. Lorsque le matériau atteint sa température de changement de phase, il absorbe une quantité de chaleur pour réaliser la transformation, connue sous le nom de chaleur latente de fusion ou de vaporisation selon le cas. À l'inverse, lorsque le matériau liquide ou gaz est refroidi, il retourne à la phase solide ou liquide en restituant sa chaleur latente.

- [0048] Bien que la chaleur latente de fusion soit plus faible que la chaleur latente d'évaporation, la transition solide-liquide est la plus prometteuse puisqu'elle permet de limiter l'expansion volumique et ainsi l'augmentation de pression due au changement de phase.
- [0049] La présente invention concerne un procédé de préparation d'un système de stockage thermique par mélange de matériaux changement de phase (MCP).
- [0050] L'invention s'applique particulièrement pour des systèmes comprenant plusieurs matériaux à changement de phase sous forme de mélange. Le mélange de matériaux à changement de phase comprend au moins deux matériaux à changement de phase. L'invention concerne des mélanges à deux, trois, quatre, cinq, six, sept, huit, neuf, dix, matériaux à changement de phase, voire plus, peuvent être envisagés.
- [0051] L'invention s'applique à tous les MCPs solide / liquide. Les MCP solide/ liquide s'entendent comme des matériaux qui changent de phase entre un état solide et un état liquide en fonction de sa température. Quand sa température est au-dessus de sa température de fusion, le MCP est à l'état liquide et quand sa température est au-dessous de sa température de fusion, le MCP est à l'état solide.
- [0052] Plus particulièrement, l'invention est avantageuse pour les MCPs sujets au phénomène de surfusion. La surfusion est la capacité du MCP à descendre sous le point de fusion thermodynamique point de cristallisation tout en restant sous forme liquide. Pour l'invention, un MCP est considéré comme sujet à la surfusion à partir d'un degré de surfusion de 2 °C, préférentiellement 5 °C, ce qui peut alors empêcher la décharge du SST.
- [0053] Pour l'invention, la surfusion est calculée comme correspondant à la différence entre la température de fusion à l'équilibre thermodynamique et la température réelle de cristallisation.
- [0054] Préférentiellement, les MCP sont choisis parmi les composés organiques et notamment les alcools de sucres appartenant à la famille des polyols, préférentiellement le sorbitol, le xylitol, l'arabitol, l'adonitol ou éventuellement l'érythritol ou le mannitol ainsi que leurs mélanges ou les produits dérivés d'alcools de sucres comme l'isosorbide et les produits dérivés de l'isosorbide ou leurs mélanges. Des mélanges des composés organiques peuvent être utilisés. Les MCP ci-dessus listés sont extraits des plantes et peuvent être qualifiés de biosourcés.
- [0055] Avantageusement, les MCPs choisis pour former un mélange de MCPs 4 sont miscibles à l'état liquide pour pouvoir former un mélange homogène après agitation. Préférentiellement, les MCPs choisis pour former un mélange de MCPs 4 des températures de fusion relativement proche, de sorte à éviter une surchauffe trop importante par rapport au point de fusion lors de l'état de chauffage.
- [0056] Le système de stockage d'énergie thermique selon l'invention comprend une cuve 5

de stockage d'énergie thermique destinée à recevoir le mélange de MCPs 4.

- [0057] Le système de stockage thermique selon l'invention comprend également un système de circulation plongeant dans la cuve 5 destiné à la circulation de fluide caloporteur issu d'un réseau externe de circulation du fluide caloporteur pour stocker et extraire la chaleur du mélange de MCPs 4.
- [0058] Le système de stockage d'énergie thermique selon l'invention est ainsi du type tube-calandre.
- [0059] Le système de circulation d'un fluide caloporteur forme un échangeur thermique interne à la cuve 5. L'échangeur thermique interne comprend préférentiellement un faisceau 6 de tubes, notamment à ailettes, assemblé entre un collecteur inférieur 9 et un collecteur supérieur 10. La cuve 5 est également dénommée calandre, préférentiellement cylindrique pour des raisons de tenue mécanique. En fonctionnement, le fluide caloporteur circule à l'intérieur des tubes et échange sa chaleur avec le mélange de MCPs 4 contenu dans la cuve 5.
- [0060] Avantageusement, la cuve 5 s'étend suivant une direction principale verticale. Avantageusement, l'échangeur thermique interne s'étend suivant une direction verticale, le faisceau 6 de tubes s'étend verticalement entre le collecteur inférieur 9 et le collecteur supérieur 10, préférentiellement respectivement disposés aux extrémités inférieure et supérieure de la cuve 5. Le collecteur inférieur 9 et le collecteur supérieur 10 sont connectés à un réseau externe de circulation de fluide caloporteur respectivement par une tubulure d'entrée ou de sortie du fluide caloporteur 8, 7.
- [0061] Avantageusement, la cuve 5 est configurée pour permettre le remplissage de la cuve 5. A titre d'exemple, la cuve 5 peut comprendre un couvercle 18 amovible pour permettre le remplissage de la cuve 5 ou encore un couvercle muni de trappes de remplissage ou encore la cuve comprend une trappe sur une virole sur le côté du système.
- [0062] Le système de stockage thermique selon l'invention comprend avantageusement un dispositif d'injection de gaz 11 configuré pour former des bulles 12 de gaz en partie inférieure de la cuve 5 dans le mélange de MCPs 4. On entend par bulles de gaz, également un filet de gaz. Dans la description, l'utilisation du terme bulles ou bullage comprend donc le mode de réalisation dans lequel le débit de gaz produit une injection continue de gaz formant un filet de gaz dans la cuve, plus précisément dans le ou les MCPs contenu(s) dans la cuve. L'agitation est générée de manière équivalente par les bulles 12 ou par un filet de gaz. Ainsi, les bulles 12 de gaz assurent une agitation du ou des MCP(s) à l'état liquide dans la cuve 5 depuis la partie inférieure jusqu'à la partie supérieure, lors de leur remontée. Les bulles 12 de gaz montent dans le stockage par différence de densité, permettant de mélanger l'ensemble du volume de la cuve 5.
- [0063] Selon un mode de réalisation, le dispositif d'injection de gaz 11 comprend un circuit de gaz comprenant avantageusement un ou plusieurs injecteur(s) 19 de gaz dans la

cuve 5 directement au contact des MCP(s) et préférentiellement en partie inférieure de la cuve 5.

- [0064] Selon une première possibilité, le dispositif d'injection de gaz 11 est agencé dans la structure de la cuve 5. Le dispositif d'injection de gaz 11 est fixe dans le système de stockage thermique. Préférentiellement, l'injecteur 19 est fixe comme illustré aux figures 1A à 1D. Selon une possibilité, l'injecteur 19 s'étend ainsi depuis la partie inférieure de la cuve 5 en direction de la partie supérieure de la cuve 5. Avantageusement, l'injecteur 19 débouche bien en partie inférieure de la cuve 5.
- [0065] Selon une deuxième possibilité, le dispositif d'injection de gaz 11 est rapporté dans la cuve 5 en fonction des besoins. Le dispositif d'injection de gaz 11 est amovible. Plus précisément, le dispositif comprend au moins une canne d'injection de gaz temporaire se terminant par un injecteur 19. Ainsi, l'injecteur 19 est amovible comme illustré aux figures 2A à 2D. Dans ce cas-là, la canne d'injection de gaz temporaire s'étend depuis la partie supérieure de la cuve 5 jusqu'à la partie inférieure de la cuve 5 et se termine par l'injecteur 19 où il débouche. L'injecteur 19 libère donc bien le gaz en partie inférieure de la cuve 5 comme illustrée en [Fig.2C].
- [0066] Suivant les modes de réalisations, le dispositif d'injection de gaz 11 peut comprendre de 1 à 300 injecteurs 19.
- [0067] Préférentiellement, le gaz injecté n'a pas de fonction de fluide caloporteur. Le gaz injecté est un fluide distinct du fluide caloporteur circulant dans le faisceau 6 de tubes du système de circulation du fluide caloporteur.
- [0068] Le gaz est choisi parmi de l'azote ou de l'argon ou l'hélium ou éventuellement de l'air. Les gaz inertes sont avantageux pour éviter les problèmes de compatibilité avec l'air ambiant de certains MCP tels que les alcools de sucre, qui peuvent pour certains réagir avec l'oxygène et s'oxyder. L'azote présente l'avantage d'être un gaz inerte limitant l'oxydation du MCP tout en ayant un coût plus faible que l'argon. Le gaz est tel qu'il reste à l'état gazeux dans les conditions de pression et de température d'utilisation du SST selon l'invention. Le gaz est donc un gaz monophasique dans les conditions de l'invention. L'argon et l'azote satisfont cette condition en présentant des valeurs de températures de liquéfaction très inférieure à 0 °C. À titre d'exemple, l'argon ou l'azote qui présentent une température d'ébullition très inférieure à 0 °C à la pression atmosphérique (−185,8 °C pour l'argon et −195,79 °C pour l'azote)
- [0069] Suivant un mode de réalisation, la cuve 5 du SST comprend un ciel gazeux 13. Le ciel gazeux 13 comprend avantageusement au moins le gaz injecté par le dispositif d'injection de gaz 11.
- [0070] Avantageusement, la cuve 5 comprend un ciel gazeux 13 disposé au-dessus du mélange de MCP 4. Le ciel gazeux 13 se situe entre la surface supérieure du mélange de MCP 4 et le plafond de la cuve 5. Le collecteur supérieur 10 et le collecteur

inférieur 9 peuvent former respectivement au moins partiellement le plafond de la cuve 5 et le fond de la cuve 5. Le plafond de la cuve 5 est avantageusement formé par le couvercle 18.

- [0071] Selon l'invention, le système de stockage thermique comprend un module d'introduction dans la cuve 5 à l'état solide, de chaque MCP, destiné à former le mélange de MCPs 4.
- [0072] Le module d'introduction est configuré pour introduire dans la cuve 5, chaque MCP destinée à former le mélange de MCPs 4, sous une forme solide.
- [0073] Selon une possibilité, le module d'introduction comprend au moins une canne de transfert amovible qui est insérée dans la cuve 5 lors de l'introduction des MCPs 1,2,3. Selon une possibilité, le module d'introduction comprend une canne de transfert amovible pour chaque MCP destiné à former le mélange de MCPs 4. Ainsi le module d'introduction comprend plusieurs cannes de transfert utilisées simultanément et préférentiellement respectivement pour chaque MCP.
- [0074] Préférentiellement, pour permettre le positionnement du module d'introduction dans la cuve 5, au cours du procédé selon l'invention, la cuve 5 est ouverte préférentiellement en partie supérieure ou munie de trappes de remplissage, qui peuvent aussi être situées sur la calandre 5 en haut de la cuve de stockage au-dessus du niveau final de MCP. Avantageusement, le couvercle 18 de la cuve 5 est ouvert.
- [0075] Préférentiellement, la canne de transfert s'étend depuis la partie supérieure de la cuve 5 en direction de la partie inférieure de la cuve 2 de sorte à introduire chaque MCP en partie inférieure de la cuve 5.
- [0076] Avantageusement, le module d'introduction est configuré pour permettre l'introduction de chaque MCP à l'état solide, préférentiellement à l'état de poudre.
- [0077] L'invention concerne un procédé de préparation d'un système de stockage thermique.
- [0078] Le procédé est également un procédé de remplissage de la cuve 5 d'un SST tel que décrit ci-dessus.
- [0079] Le procédé selon l'invention comprend plusieurs étapes décrites ci-dessous.
- [0080] Selon l'invention, le procédé comprend une étape d'introduction dans la cuve 5, à l'état solide, de chaque MCP 1,2, 3, destiné à former le mélange de MCPs 4.
- [0081] Préférentiellement, chaque MCP 1,2, 3 est introduit à l'état de poudre.
- [0082] Selon une première possibilité, l'étape d'introduction comprend l'introduction d'un MCP 1,2, 3 à la fois. C'est-à-dire qu'il est d'abord introduit le premier MCP 1, puis le deuxième MCP 2 et ainsi de suite. Selon cette première possibilité, chaque MCP est introduit par le module d'introduction, par exemple par la ou les mêmes cannes de transfert.
- [0083] Selon une deuxième possibilité, l'étape d'introduction comprend l'introduction d'au moins deux MCPs 1,2 à la fois. C'est-à-dire que le premier MCP 1 et le deuxième

MCP 2 sont introduits par le module d'introduction en même temps préférentiellement par des cannes de transferts différentes.

- [0084] Selon l'invention, les MCPs 1, 2, 3 destinés à former le mélange de MCPs 4 ne sont pas mélangés avant leur introduction dans la cuve 5.
- [0085] L'étape d'introduction est avantageusement réalisée à température ambiante, c'est-à-dire comprise entre 20 et 25 °C. Plus précisément, chaque MCP 1,2, 3 introduits dans la cuve 5 est à une température ambiante préférentiellement comprise entre 20 et 25 °C.
- [0086] Le procédé selon l'invention comprend une étape de chauffage de la cuve 5, avantageusement par la circulation du fluide caloporteur chaud dans le système de circulation. On entend fluide caloporteur chaud et fluide caloporteur froid par rapport à la température de la cuve 5 et plus particulièrement du MCP 1, 2, 3 ainsi quand on parle de fluide caloporteur chaud, c'est qu'il est plus chaud que le ou les MCPs 1,2, 3 que le mélange de MCPs 4 contenu(s) dans la cuve 5, à l'inverse quand on parle de fluide caloporteur froid, c'est qu'il est plus froid que le ou les MCPs 1, 2, 3 que le mélange de MCPs 4 contenu(s) dans la cuve 5.
- [0087] Selon une possibilité, l'étape de chauffage est au moins partiellement simultanée à l'étape d'introduction dans la cuve 5. Selon cette possibilité, lors de l'étape d'introduction du MCP 1, 2, 3 à l'état solide, celui-ci va être chauffé, préférentiellement au-dessus de sa température de fusion, par la circulation du fluide caloporteur chaud dans le système de circulation permettant ainsi de faire passer le MCP 1,2, 3 introduit dans la cuve de l'état solide à l'état liquide. Cette possibilité est avantageuse puisque le volume du MCP à l'état de poudre est très nettement supérieur au volume du MCP à l'état liquide. Ainsi, pour permettre l'introduction de chaque MCP destiné à former le mélange de MCPs 4, il peut être nécessaire de réduire le volume une fois introduit dans la cuve 5 ou au cours de leur introduction.
- [0088] Avantageusement, le fluide caloporteur chaud 14 pénètre par la tubulure d'entrée 7 dans le système de circulation du fluide caloporteur. Préférentiellement, la tubulure d'entrée 7 est agencée en partie supérieure de la cuve 5. Le fluide caloporteur chaud circule au travers du faisceau de tubes 6 en direction de l'extrémité inférieure de la cuve 5 assurant ainsi un échange thermique du fluide caloporteur chaud vers le ou les MCP(s) 1,2, 3 contenus dans la cuve 5. Le fluide caloporteur refroidi 15 ressort par la tubulure de sortie 8. Préférentiellement, la tubulure de sortie 8 est agencée en partie inférieure de la cuve 5.
- [0089] Le procédé selon l'invention comprend une étape d'agitation, par le dispositif d'injection de gaz 11 des MCPs à l'état liquide dans la cuve 5 pour obtenir le mélange de MCPs 4 à l'état liquide.
- [0090] L'étape d'agitation débute avantageusement dès qu'au moins un des MCPs introduits

est à l'état liquide. Préférentiellement, l'étape d'agitation débute lorsque les MCPs contenus dans la cuve 5 sont à l'état liquide.

- [0091] Selon une possibilité, l'étape d'agitation est donc partiellement simultanée au chauffage. C'est-à-dire que l'étape d'agitation se déroule au moins partiellement en parallèle de l'étape de chauffage. Plus précisément, l'étape de chauffage débute préférentiellement avant l'état d'agitation ce qui permet de faire passer le ou les MCPs de l'état solide à l'état liquide, puis l'étape d'agitation démarre sans que l'étape de chauffage ne soit arrêtée.
- [0092] Préférentiellement, l'étape de chauffage est réalisée à une température supérieure aux températures de fusion de chaque MCP 1, 2, 3 destiné à former le mélange de MCPs 4. Préférentiellement, la température du fluide caloporteur est supérieure à la température de fusion la plus élevée des MCPs 1, 2, 3 utilisés pour former le mélange MCPs 4.
- [0093] Selon l'invention, avantageusement l'étape d'agitation comprend la formation de bulles 12 par le dispositif d'injection de gaz 11. Les bulles 12 débouchent de l'injecteur 19 en partie inférieure de la cuve 5 puis remontent au travers des MCPs 1, 2, 3 à l'état liquide jusqu'à la partie supérieure de la cuve. Lorsque les bulles 12 traversent les MCP à l'état liquide, elle provoque une agitation permettant d'aboutir à un mélange de MCPs 4 homogène. On entend que le mélange de MCPs 4 est homogène car les MCPs 1, 2, 3 introduits forment une seule phase.
- [0094] Selon une possibilité, le système de stockage thermique comprend une évacuation en partie supérieure configurée pour évacuer le gaz des bulles 12. L'évacuation est préférentiellement parée pour maintenir un ciel de gaz 13 en partie supérieure de la cuve lorsque le couvercle 18 est refermé.
- [0095] Selon un mode de réalisation préféré, l'étape d'agitation, une fois le remplissage de la cuve terminée se poursuit ou se déroule sur une durée comprise entre 1 et 20 heures.
- [0096] Selon une possibilité, le procédé comprend la mise en place du dispositif d'injection de gaz 11 dans la cuve 5 avant le début de l'étape d'agitation. Cette étape de mise en place se fait par la partie supérieure de la cuve 5 lorsque le couvercle 18 a été retiré.
- [0097] Selon un exemple préféré, le procédé comprend une étape de refroidissement du mélange de MCP à l'état liquide par la circulation du fluide caloporteur 3 dans le système de circulation de sorte à cristalliser le mélange de MCPs 4. Le fluide caloporteur 3 pénètre dans le faisceau de tubes 6 par la tubulure d'entrée 8, préférentiellement agencée en partie inférieure de la cuve 5. Le fluide caloporteur circule au travers du faisceau de tubes 6 depuis la partie inférieure de la cuve 5 en direction de la partie supérieure de la cuve 5. Au cours du trajet, fluide caloporteur récupère l'énergie thermique du mélange de MCPs 4 conduisant à la cristallisation et au réchauffement du fluide caloporteur. Le fluide caloporteur réchauffé ressort du faisceau de tubes 6 en partie supérieure de la cuve 5 par la tubulure de sortie 7, préférentiellement agencée en

partie supérieure de la cuve 5.

- [0098] Selon une possibilité, l'étape d'agitation peut se poursuivre pendant cette étape de refroidissement du mélange de MCPs 4 permettant ainsi de favoriser la cristallisation du mélange de MCPs 4. Cette possibilité est envisageable selon le mode de réalisation illustrée aux figures 1A à 1D dans lequel le dispositif d'injection de gaz 11 est fixe dans le système de stockage thermique.
- [0099] Les figures 1A à 1D illustrent un premier mode de réalisation dans lequel le dispositif d'injection de gaz est fixe, Les quatre figures successives 1A, 1B, 1C, 1D illustrant les différentes phases du procédé.
- [0100] La [Fig.1A] représente le système de stockage thermique dont la cuve 5 est vide, le couvercle 18 de la cuve 5 a été retiré, le dispositif d'injection de gaz 11 est agencé de manière fixe en partie inférieure de la cuve 5.
- [0101] La [Fig.1B] illustre l'étape d'introduction de la cuve 5 de chaque MCP 1,2 à l'état solide. Sur cette figure, le premier MCP 1 est introduit dans la cuve 5 à l'état solide simultanément à l'introduction du deuxième MCP 2 à l'état solide. Avantageusement, chaque MCP 1, 2 est introduit indépendamment l'un de l'autre préférentiellement par un module d'introduction préférentiellement par une canne de transfert indépendante. Avantageusement, à cette étape illustrée à la [Fig.1B] le chauffage de la cuve 5 est en action. À cet effet, le fluide caloporteur chaud 14 pénètre dans le faisceau de tubes 6 par la tubulure d'entrée 7 agencée en partie supérieure de la cuve 5, puis le fluide caloporteur refroidi, après avoir échangé avec les MCPs 1,2 contenus dans la cuve 5, ressort du faisceau de tubes 6 par la tubulure de sortie 7 agencée en partie inférieure de la cuve 5.
- [0102] À l'issue de l'état d'introduction, l'étape de chauffage se poursuit comme illustrée à la [Fig.1C] et l'étape d'agitation débute. À l'issue de l'étape d'introduction, le couvercle 18 est avantageusement remis en place sur la cuve 5 ou les trappes sont refermées.
- [0103] Au début de l'étape d'agitation telle qu'illustrée à la [Fig.1C], le premier MCP 1 et le deuxième MCP 2 sont à l'état liquide dans la cuve 5, mais ne sont pas sous forme d'un mélange de MCPs 4 homogène, en effet, le premier MCP 1 et le deuxième MCP 2 sont à l'état liquide sous deux phases distinctes. L'agitation formée par les bulles 12 produites par l'injecteur 19 du dispositif d'injection de gaz 11 se poursuit permettant d'obtenir comme illustré à la [Fig.1D] un mélange de MCPs 4 homogène. L'état de chauffage se poursuit par la circulation du fluide caloporteur chaud dans le système de circulation. Le fluide caloporteur chaud 14 pénètre dans le faisceau de tubes 6 par la tubulure d'entrée 7 agencée en partie supérieure de la cuve 5 puis traverse la cuve 5 en assurant des échanges thermiques éventuels avec les MCPs 1,2, et ressort par la tubulure de sortie de fluide 8 agencée en partie inférieure de la cuve 5. Le fluide caloporteur qui ressort est avantageusement à une température sensiblement équivalente

à la température d'entrée, le premier et le deuxième MCPs 1,2 ayant été portés à une température supérieure à leur température de fusion et avantageusement équivalente à la température du fluide caloporteur.

- [0104] En [Fig.1D] est illustrée l'étape de refroidissement du mélange de MCPs 4 par la circulation du fluide caloporteur dans le système de circulation. Le fluide caloporteur froid 16 pénètre dans le faisceau de tubes 6 par la tubulure d'entrée 8 agencée en partie inférieure de la cuve 5. Le fluide caloporteur froid traverse la cuve 5 est échange l'énergie thermique avec le mélange de MCPs 4 chaud assurant ainsi son refroidissement et sa cristallisation. Le fluide caloporteur réchauffé ressort du faisceau de tubes 6 par la tubulure de sortie 7 agencée en partie supérieure de la cuve 5.
- [0105] Les figures 2A à 2D illustre un deuxième mode de réalisation dans lequel le dispositif d'injection de gaz 11 est amovible. Les quatre figures successives 2A, 2B, 2C, 2D illustrent les différentes phases du procédé de réalisation de l'invention.
- [0106] La [Fig.2A] représente le système de stockage thermique dont la cuve 5 est vide, le couvercle 18 de la cuve 5 a été retiré, le dispositif d'injection de gaz 11 n'est pas encore introduit dans la cuve 5.
- [0107] La [Fig.2B] illustre l'étape d'introduction dans la cuve 5 de chaque MCP 1,2, 3 à l'état solide. Sur cette figure, le premier MCP 1 est introduit dans la cuve 5 à l'état solide simultanément à l'introduction du deuxième MCP 2 à l'état solide simultanément à l'introduction du troisième MCP 3. Avantageusement, chaque MCP 1, 2, 3 est introduit indépendamment l'un de l'autre préférentiellement par un module d'introduction préférentiellement par une canne de transfert indépendante. Avantageusement, à cette étape illustrée à la [Fig.2B] le chauffage de la cuve 5 est en action. À cet effet, le fluide caloporteur chaud 14 pénètre dans le faisceau de tubes 6 par la tubulure d'entrée 7 agencée en partie supérieure de la cuve puis le fluide caloporteur refroidi après avoir échangé avec les MCPs 1,2, 3 contenus dans la cuve 5, ressort du faisceau de tubes 6 par la tubulure de sortie 7 agencée en partie inférieure de la cuve 5.
- [0108] À l'issue de l'étape d'introduction, l'étape de chauffage se poursuit comme illustrée à la [Fig.2C] et l'étape d'agitation débute. Le dispositif d'injection de gaz 11 est mis en place. Une canne d'injection de gaz temporaire munie d'un éjecteur 19 est introduite dans la cuve 5 de sorte que l'éjecteur 19 soit positionné en partie inférieure de la cuve 5.
- [0109] À cette étape, le couvercle 18 n'est pas encore remis en place, ou la trappe refermée, puisque le dispositif d'injection de gaz 11 amovible doit encore être retiré. Au début de l'étape d'agitation telle qu'illustrée à la [Fig.2C], le premier MCP 1, le deuxième MCP 2 et le troisième MCP 3 sont à l'état liquide dans la cuve 5, mais ne sont pas sous forme d'un mélange homogène. En effet, ils sont sous forme de trois phases liquides distinctes L'agitation formée par les bulles 12 produites par l'injecteur 19 du dispositif

d'injection de gaz 11 se poursuit permettant d'obtenir comme illustré à la [Fig.2D] un mélange de MCPs 4 homogène. L'étape de chauffage se poursuit par la circulation du fluide caloporteur chaud dans le système de circulation. Le fluide caloporteur chaud 14 pénètre dans le faisceau de tube 6 par la tubulure d'entrée 7 agencée en partie supérieure de la cuve 5 puis traverse la cuve 5 en assurant des échanges thermiques éventuels avec le mélange de MCPs 4, et ressort par la tubulure de sortie de fluide 8 agencée en partie inférieure de la cuve 5. Le fluide caloporteur qui ressort est avantageusement à une température sensiblement équivalente à la température d'entrée, le premier, le deuxième et le troisième MCP 1,2, 3 ayant été portés à une température supérieure à leur température de fusion, avantageusement équivalente à la température du fluide caloporteur.

[0110] En [Fig.2D] est illustrée l'étape de refroidissement du mélange de MCPs 4 par la circulation du fluide caloporteur dans le système de circulation. Préférentiellement, à cette étape le couvercle 18 peut-être mise en place sur la cuve 5 après que le dispositif d'injection de gaz amovible 11 ait été retiré de la cuve 5. Le fluide caloporteur froid 16 pénètre dans le faisceau de tubes 6 par la tubulure d'entrée 8 agencée en partie inférieure de la cuve 5. Le fluide caloporteur froid traverse la cuve 5 est échange d'énergie thermique avec le mélange de MCPs 4 chaud assurant ainsi son refroidissement et sa cristallisation. Le fluide caloporteur réchauffé ressort du faisceau de tubes 6 par la tubulure de sortie 7 agencée en partie supérieure de la cuve 5.

[0111] Une fois le procédé de préparation du système de stockage thermique selon l'invention terminé, le SST fonctionne de la manière suivante.

[0112] Le SST fonctionne suivant trois phases majeures : la charge, le stockage et la décharge.

- Une phase dite de charge, durant laquelle le fluide caloporteur cède sa chaleur au mélange de MCPs 4, entraînant la fusion de celui-ci. La température du fluide est alors supérieure à la température de fusion du mélange de MCPs 4 et son sens de circulation est vertical descendant.
- Une phase, dite de stockage ou d'attente, au cours de laquelle la circulation du fluide caloporteur est arrêtée et le mélange de MCPs 4 conserve l'énergie thermique stockée, hors considération des déperditions thermiques avec l'extérieur.
- Une phase dite de décharge durant laquelle le fluide caloporteur circule à une température inférieure à la température de solidification du mélange de MCPs 4, entraînant la cristallisation du matériau et le réchauffement du fluide caloporteur. Le fluide circule dans le sens vertical ascendant.

[0113] Dans ce système, le stockage est dit entièrement chargé quand tout le mélange de MCPs 4 est liquide. Il est entièrement déchargé quand tout le mélange de MCPs 4 est

solide.

[0114] Exemple 1 : Remplissage d'une cuve d'un système de stockage thermique incorporant un dispositif d'injection de gaz avec l'eutectique Xylitol/Erythritol.

[0115] Le Xylitol ($T_{\text{fusion}} = 93^{\circ}\text{C}$) et l'Erythritol ($T_{\text{fusion}} = 118^{\circ}\text{C}$) sont deux MCPs connus de la littérature pour leur importante densité de stockage. Ils peuvent former un eutectique binaire tout aussi prometteur et ayant une température de fusion plus faible ($T_{\text{fusion}} = 82^{\circ}\text{C}$). Un dispositif d'injection de gaz 11 d'azote est prévu, préférentiellement le dispositif est fixe de sorte à permettre également d'amorcer la cristallisation du mélange de MCPs 4. L'azote permet ici d'éviter une éventuelle dégradation chimique des deux composants au-dessus de leur température de fusion respective. Cet exemple est illustré aux figures 1A à 1D, l'érythritol (deuxième MCP 2) et le Xylitol (premier MCP 1) sont versés dans la cuve 5 de stockage sous forme de poudre à température ambiante. Pour obtenir l'eutectique il est nécessaire de contrôler les proportions des deux MCPs. Au fur et à mesure du remplissage, le fluide caloporteur chaud circule dans le faisceau de tubes 6 pour faire fondre les poudres de MCP 1,2. L'entrée chaude 14 (généralement en haut de cuve) doit être à une température supérieure à 118°C , la température de fusion la plus élevée des deux MCPs

[0116] En [Fig.1C], l'érythritol, le deuxième MCP 2 plus dense, est en bas de cuve 5 alors que le Xylitol, le premier MCP 1, reste dans la partie supérieure. Le bullage en bas de cuve 5 démarre afin d'homogénéiser progressivement les deux phases liquides. L'étape d'introduction, c'est-à-dire la phase de remplissage de poudre, est terminée et la cuve a été refermée. Ceci permet en particulier de créer un ciel de gaz 13 d'azote pour éviter la dégradation des deux MCPs 1,2, toujours maintenu à plus de 118°C . L'eutectique, mélange de MCPs 4 est obtenu après plusieurs heures d'agitation. Le système de stockage est prêt pour une première décharge thermique, le fluide caloporteur froid 16 arrive par le bas de cuve 5 pour ressortir chaud 15 en haut de cuve 5.

[0117] L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisations précédemment décrits et s'étend à tous les modes de réalisation couverts par l'invention.

[0118] Liste de Références

1. Premier MCP
2. Deuxième MCP
3. Troisième MCP
4. Mélange de MCP
5. Cuve
6. Faisceau de tubes plongeant dans le MCP
7. Tubulure de circulation d'entrée ou de sortie du fluide caloporteur
8. Tubulure de circulation d'entrée ou de sortie du fluide caloporteur
9. Collecteur inférieur

10. Collecteur supérieur
11. Dispositif d'injection de gaz
12. Bulles
13. Ciel de gaz
14. Entrée de fluide caloporteur chaud
15. Sortie de fluide caloporteur chaud
16. Entrée de fluide caloporteur froid
17. Sortie de fluide caloporteur froid
18. Couvercle
19. Injecteur

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de préparation d'un système de stockage thermique (SST) par un mélange de matériaux à changement de phase (MCP) liquide/solide comprenant :
- une cuve (5) de stockage d'énergie thermique destinée à recevoir le mélange de MCPs (4), et
 - un système de circulation plongeant dans la cuve (5), destiné à la circulation d'un fluide caloporteur issu d'un réseau externe de circulation du fluide caloporteur, pour stocker et extraire de la chaleur du mélange de MCPs (4), et
 - un dispositif d'injection de gaz (11) configuré pour former des bulles (12) de gaz en partie inférieure de la cuve (5) dans le mélange de MCPs (4),
- caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
- d'introduction dans la cuve (5), à l'état solide, de chaque MCP (1,2, 3), destiné à former le mélange de MCPs (4)
 - de chauffage de la cuve par la circulation du fluide caloporteur chaud dans le système de circulation pour faire passer chaque MCP (1,2, 3) introduit dans la cuve (5) de l'état solide à l'état liquide,
 - d'agitation par le dispositif d'injection de gaz (11) des MCPs (1,2, 3) à l'état liquide dans la cuve (5) pour obtenir le mélange de MCPs (4) à l'état liquide.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication précédente dans lequel le chauffage de la cuve (5) est au moins partiellement simultané à l'introduction dans la cuve (5) de chaque MCP (1,2, 3) à l'état solide.
- [Revendication 3] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel l'agitation est au moins partiellement simultanée au chauffage.
- [Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel chaque MCP (1,2, 3) est introduit dans la cuve (5) sous forme de poudre.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel chaque MCP (1,2, 3) introduit lors de l'étape d'introduction dans la cuve (5) est à température ambiante entre 20 et 25°C.

- [Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel l'introduction dans la cuve (5) est réalisée par au moins une canne de transfert de poudre introduite dans la cuve (5).
- [Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le chauffage de la cuve (5) est réalisé à une température supérieure aux températures de fusion de chaque MCP (1,2, 3).
- [Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes ne comprenant pas de mélange des MCPs (4) à l'état solide, préalable à l'introduction des MCPs (1,2, 3) dans la cuve (5).
- [Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel l'agitation est réalisée par les bulles (12) de gaz, le gaz étant choisi parmi le groupe comprenant de l'air, ou un gaz inerte tel que de l'azote.
- [Revendication 10] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes comprenant une étape de mise en place et de retrait du dispositif d'injection de gaz (11) dans la cuve (5).
- [Revendication 11] Système de stockage thermique par un mélange de matériaux à changement de phase (MCP) liquide/solide pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 comprenant :
- une cuve (5) de stockage d'énergie thermique destinée à recevoir le mélange de MCPs (4), et
 - un système de circulation plongeant dans la cuve (5), destiné à la circulation d'un fluide caloporteur issu d'un réseau externe de circulation du fluide caloporteur, pour stocker et extraire de la chaleur du mélange de MCPs (4), et
 - un dispositif d'injection de gaz (11) configuré pour former des bulles (12) de gaz en partie inférieure de la cuve (5) dans le mélange de MCPs (4) permettant de générer une agitation des MCPs (1,2, 3) à l'état liquide dans la cuve(5) pour obtenir le mélange de MCPs (4) à l'état liquide
 - un module d'introduction dans la cuve (5), à l'état solide, de chaque MCP (1,2, 3), destiné à former le mélange de MCPs (4), le module d'introduction étant amovible.

[Fig. 1A]

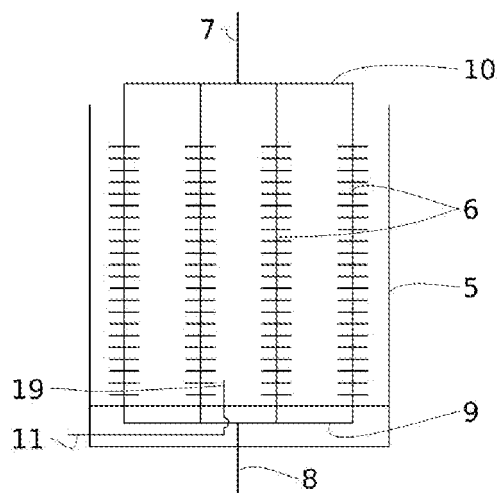


FIG. 1A

[Fig. 1B]

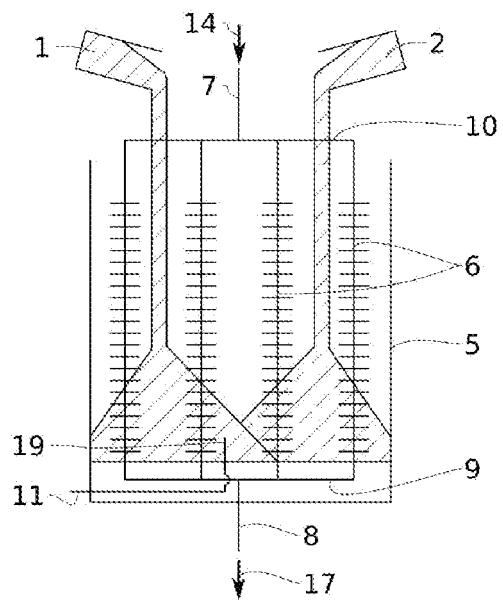


FIG. 1B

[Fig. 1C]

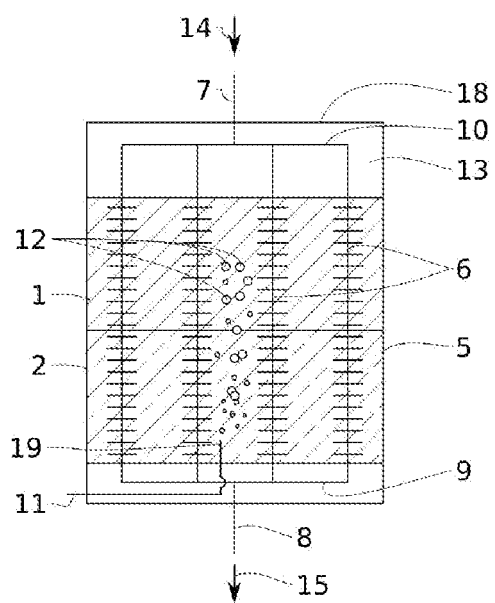


FIG. 1C

[Fig. 1D]

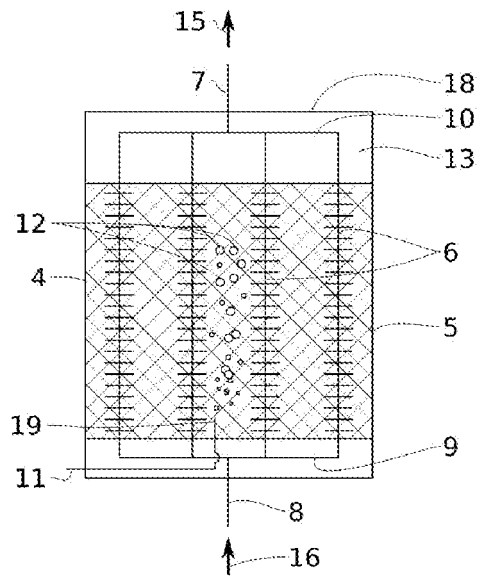


FIG. 1D

[Fig. 2A]

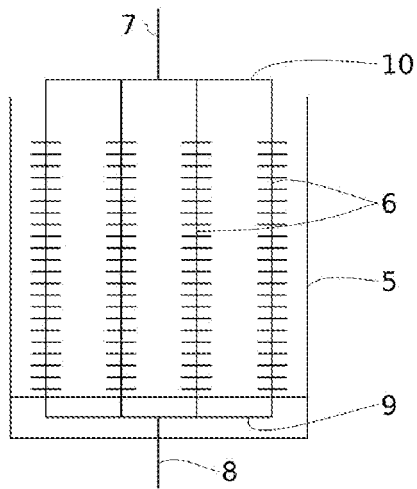


FIG. 2A

[Fig. 2B]

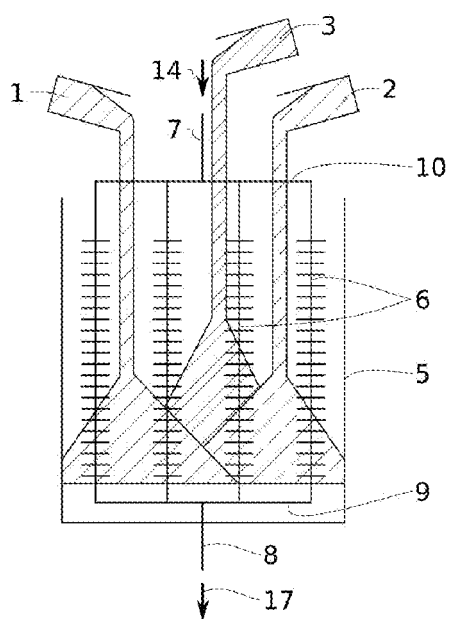


FIG. 2B

[Fig. 2C]

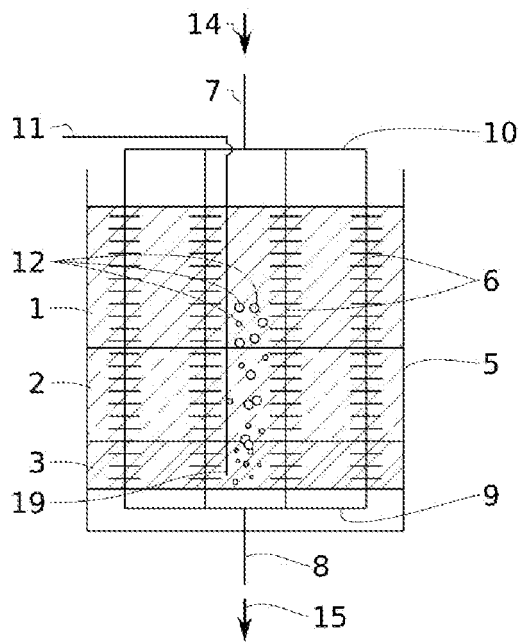


FIG. 2C

[Fig. 2D]

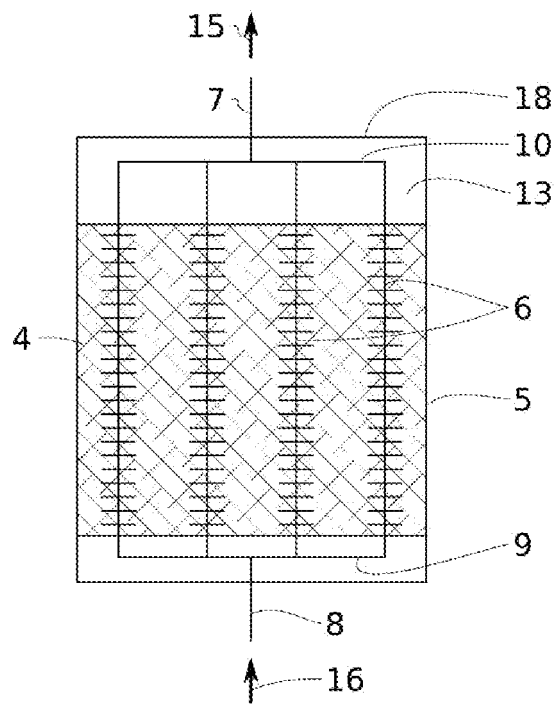


FIG. 2D

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 902064
FR 2114537

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	FR 3 082 924 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 27 décembre 2019 (2019-12-27)	11	F28D20/02 F24D11/00
A	* figure 1 * -----	1-10	
A	EP 2 308 943 A2 (CAPZO INTERNAT B V [NL]) 13 avril 2011 (2011-04-13) * abrégé * -----	1-11	
X	EP 3 489 608 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]; ROQUETTE FRERES [FR]) 29 mai 2019 (2019-05-29) * figures 3,4 * -----	11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F28D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
26 juillet 2022		Martínez Rico, Celia	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2114537 FA 902064**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **26-07-2022**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
FR 3082924	A1	27-12-2019	DK	3594601 T3	10-01-2022
			EP	3594601 A1	15-01-2020
			FR	3082924 A1	27-12-2019

EP 2308943	A2	13-04-2011	AT	491767 T	15-01-2011
			EP	1620523 A1	01-02-2006
			EP	2308943 A2	13-04-2011
			ES	2356320 T3	06-04-2011
			NL	1025910 C2	11-10-2005
			WO	2005097935 A1	20-10-2005

EP 3489608	A1	29-05-2019	EP	3489608 A1	29-05-2019
			FR	3074278 A1	31-05-2019
