(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 4 579 065 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
02.07.2025 Bulletin 2025/27

(21) Numéro de dépôt: **24221909.5**

(22) Date de dépôt: **19.12.2024**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F01K 3/12 *(2006.01)*

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
F01K 3/12

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

(30) Priorité: **27.12.2023 FR 2315375**

(71) Demandeur: **Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
- **CAMUS, Adrien**
  38054 GRENOBLE Cedex 09 (FR)
- **COUTURIER, Raphaël**
  38054 GRENOBLE Cedex 09 (FR)
- **GHANATOS, Elie**
  38054 GRENOBLE Cedex 09 (FR)
- **THONON, Bernard**
  38054 GRENOBLE Cedex 09 (FR)

(74) Mandataire: **Hautier IP**
20, rue de la Liberté
06000 Nice (FR)

(54) **SYSTÈME DE GESTION THERMIQUE DE LA TURBINE D'UNE BATTERIE DE CARNOT ET PROCÉDÉ ASSOCIÉ**

(57) L'invention concerne un système comprenant une batterie de Carnot comprenant un module de transformation d'électricité en chaleur, un module de stockage thermique de la chaleur produite et un module de transformation de la chaleur, le module de transformation de la chaleur déstockée comprenant un cycle vapeur et une turbine agencée sur le cycle vapeur. Le système comprend une unité de stockage thermique supplémentaire connectée fluidiquement au cycle vapeur et destinée au stockage de vapeur du cycle vapeur et distincte du module de stockage thermique de la batterie de Carnot, l'unité de stockage thermique supplémentaire comprenant - un dispositif de stockage thermique, - une connexion fluidique d'alimentation de la turbine en vapeur et une connexion fluidique de retour, - une connexion fluidique de charge et une connexion fluidique d'évacuation.

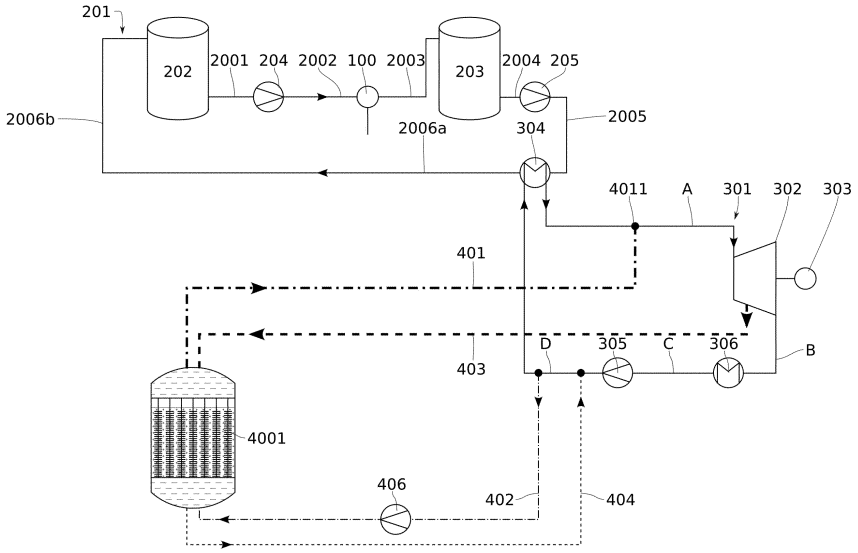


FIG. 1

Processed by Luminess, 75001 PARIS (FR)

Description

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] La présente invention concerne un système de gestion thermique de la turbine d'une batterie de Carnot et son procédé associé. L'invention s'applique à l'ensemble des systèmes comportant une unité de production de chaleur couplée à un cycle thermodynamique à des fins électrogènes, par exemple les centrales nucléaires. L'invention trouvera une application particulière pour la réutilisation des cycles vapeur des centrales à charbon.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0002] L'utilisation croissante des énergies renouvelables intermittentes non contrôlables aboutit à un besoin croissant de compenser les brusques variations de production. Dans ce domaine, le stockage thermique permet de stocker l'électricité sous forme thermique pendant les périodes où la demande est faible, afin de la restituer pendant les pics de consommation électrique, dans le but de limiter le recours à des moyens d'appoint fossiles.

[0003] Le concept de stocker l'électricité sous forme de chaleur et la restituer sous forme d'électricité est appelé « batterie de Carnot ».

[0004] Une batterie de Carnot est un système consistant à transformer l'électricité en chaleur, puis à stocker cette chaleur et enfin à transformer cette chaleur en électricité selon les besoins.

[0005] En parallèle, la production d'électricité à partir de charbon se situe parmi les activités dont l'empreinte carbone est la plus élevée. Selon l'ADEME, une centrale à charbon émet de l'ordre de 1050 tCO2eq/kWh d'électricité produite. Pour cela, dans les années à venir et dans le cadre de la lutte contre le changement climatique, les pays européens visent à sortir du charbon.

[0006] Une possibilité de recyclage des centrales à charbon qui est actuellement étudiée est de réutiliser les cycles eau/vapeur des centrales à charbon existantes, dans des batteries de Carnot. Les centrales à charbon ont une chaudière à charbon alimentant, par un cycle eau/vapeur, une turbine assurant la production d'électricité.

[0007] Le rapport du GIZ : « Repurposing of existing coal-fired power plants into Thermal Storage Plants for renewable power in Chile » présente les modifications techniques nécessaires pour utiliser le cycle eau/vapeur d'une centrale à charbon dans une batterie de Carnot ainsi qu'une analyse économique pour le cas du Chili.

[0008] Toutefois, cette solution présente l'inconvénient de manquer de réactivité. Lorsque l'opérateur du réseau électrique sollicite un apport d'électricité, la réactivité est essentielle. Or, la mise en fonctionnement d'une turbine notamment d'une centrale à charbon ne permet pas un démarrage et une production d'électricité rapidement.

[0009] On connait le document « Preheating procédure for fast start-up of a steam turbine from a cold state » qui décrit une procédure de préchauffage afin de démarrer rapidement le cycle d'une turbine à vapeur. Pour cela, plusieurs sources de chaleur sont identifiées : vapeur provenant d'une source externe, traçage électrique ou air chaud. La vapeur comme source de chaleur provient d'un cycle vapeur existant, notamment en partant du principe que la plupart des centrales électriques disposent de plusieurs turbines dont au moins une est toujours en fonctionnement. Cela implique que les cycles vapeur de chaque turbine doivent être adaptés à la fois pour fournir de la vapeur et la recevoir, ce qui multiplie les réseaux. Des contraintes opérationnelles sont également présentes : le préchauffage nécessite des paramètres de vapeur stables alors que, dans ce cas, ceux-ci sont fortement dépendants de la charge de la turbine. Cette solution impliquerait donc de maintenir une charge stable d'une turbine en fonctionnement durant toute la période de préchauffage, ce qui n'est pas forcément compatible avec les impératifs du réseau.

[0010] Il existe donc le besoin de proposer une solution assurant un démarrage rapide et simple à mettre en oeuvre des turbines utilisées ou réutilisées dans des batteries de Carnot.

RESUME

[0011] Pour atteindre cet objectif, selon un mode de réalisation on prévoit un système comprenant une batterie de Carnot comprenant un module de transformation d'électricité en chaleur, un module de stockage thermique de la chaleur produite par le module de transformation d'électricité en chaleur, et un module de transformation de la chaleur, déstockée du module de stockage, en électricité, le module de transformation de la chaleur déstockée du module de stockage en électricité comprenant un cycle vapeur et une turbine agencée sur le cycle vapeur pour détendre la vapeur en vue de la production d'électricité, caractérisé en ce que le système comprend une unité de stockage thermique supplémentaire connectée fluidiquement au cycle vapeur et destinée au stockage de vapeur du cycle vapeur et distincte du module de stockage thermique de la batterie de Carnot, l'unité de stockage thermique supplémentaire comprenant

au moins un dispositif de stockage thermique,
une paire de connexions fluidiques de préchauffage comprenant

- une connexion fluidique d'alimentation de la turbine en vapeur agencée entre le dispositif de stockage thermique et le cycle vapeur en amont de la turbine permettant d'assurer la connexion fluidique du dispositif de stockage thermique vers le cycle vapeur de sorte à assurer un préchauffage et/ou un maintien en température de tout ou partie du cycle vapeur et

préférentiellement au moins de la turbine, et

- une connexion fluidique de retour agencée entre le cycle vapeur en aval de la turbine et le dispositif de stockage thermique permettant d'assurer la connexion fluidique du cycle vapeur vers le dispositif de stockage thermique de sorte à assurer le retour de la vapeur détendue et/ou d'eau en sortie de turbine vers le dispositif de stockage thermique,

une paire de connexions fluidiques de charge comprenant

- une connexion fluidique de charge agencée entre le cycle vapeur, préférentiellement en aval de la turbine, et préférentiellement le dispositif de stockage thermique permettant d'assurer la connexion fluidique du cycle vapeur vers le dispositif de stockage thermique de sorte à charger le dispositif de stockage thermique en énergie thermique par la vapeur du cycle vapeur, et

- une connexion fluidique d'évacuation préférentiellement agencée entre le dispositif de stockage et le cycle vapeur en aval de la turbine, de sorte à assurer la circulation d'eau issue du dispositif de stockage vers le cycle vapeur.

[0012] L'invention proposée permet de s'affranchir des contraintes de l'état de la technique en utilisant une unité de stockage thermique indépendante du stockage de la batterie de Carnot et dédiée à la fonction de préchauffage et/ou de maintien en température d'au moins une partie du cycle vapeur et notamment de la turbine et éventuellement d'autres composants du cycle vapeur. L'invention permet de produire de la vapeur directement, sans faire fonctionner la batterie de Carnot et avec une production de vapeur plus rapide, la batterie de Carnot peut être arrêtée afin de limiter les pertes. De plus, la chaleur utilisée est issue de la batterie de Carnot qui a été chargée à partir de l'électricité du réseau, lorsque celui-ci n'est pas en tension. Cela permet de profiter de tarifs bas, ou négatifs, voire de surplus d'électricité, généralement d'origine renouvelable, et d'éviter l'utilisation de combustibles fossiles.

[0013] L'unité de stockage supplémentaire permet de délivrer une faible puissance thermique sur une longue durée de sorte à soit maintenir en température au moins la turbine et éventuellement d'autres composants du cycle vapeur, soit assurer un préchauffage de celle-ci ou éventuellement ceux-ci.

[0014] Suivant une possibilité, le système comprend un échangeur thermique de charge agencé sur le module de stockage thermique de la batterie de Carnot et sur la conduite fluidique de charge avantageusement issue du cycle vapeur connectant fluidiquement indirectement le cycle vapeur en amont de la turbine au dispositif de stockage thermique au travers de l'échangeur thermique de charge.

[0015] Suivant ce premier mode de réalisation, la connexion indirecte du cycle vapeur à l'unité de stockage par l'intermédiaire d'un échangeur de charge permet de récupérer l'énergie thermique produite et stockée dans la batterie de Carnot pour la stocker dans l'unité de stockage thermique supplémentaire qui pourra ensuite être utilisée pour préchauffer et/ou maintenir en température tout ou partie du cycle vapeur et notamment la turbine. Cette configuration permet de faciliter la mise en oeuvre du système dans le cas d'une réutilisation, ou rétrofit en anglais, d'un cycle vapeur et d'une turbine. En effet, cette configuration ne nécessite pas d'ajouter des soutirages à la turbine dont les conditions de pression, de température et de débit doivent être compatibles avec les besoins de l'unité de stockage thermique supplémentaire.

[0016] Suivant une autre possibilité, la conduite fluidique de charge issue du cycle vapeur connecte fluidiquement directement le cycle vapeur au dispositif de stockage thermique, préférentiellement par soutirage au niveau de la turbine 302. Suivant ce deuxième mode de réalisation, la connexion directe du cycle vapeur à l'unité de stockage permet de récupérer l'énergie thermique produite par la batterie de Carnot directement au niveau du cycle vapeur. Cette configuration permet d'éviter l'ajout d'un deuxième échangeur, sel / eau-vapeur, la vapeur étant directement prélevée sur le cycle vapeur et préférentiellement sur un soutirage de la turbine.

[0017] Suivant un autre aspect, le système comprenant une cuve tampon agencée entre le cycle vapeur et l'unité de stockage thermique supplémentaire, et une connexion fluidique d'alimentation de la cuve tampon agencée entre le cycle vapeur, en aval de la turbine, et la cuve tampon, la connexion fluidique de charge, la connexion fluidique de retour et la connexion fluidique d'évacuation étant connectées fluidiquement à la cuve tampon.

[0018] Selon un aspect, l'invention concerne l'utilisation du système tel que décrit ci-dessous pour réutiliser un cycle vapeur et une turbine d'une centrale à charbon.

[0019] Selon un aspect, l'invention concerne un procédé pour le préchauffage et/ou le maintien en température d'une turbine d'un système comprenant une étape de charge du dispositif de stockage thermique de l'unité de stockage thermique supplémentaire comprenant la circulation de vapeur vers le dispositif de stockage thermique depuis le cycle vapeur, et alternativement une étape de préchauffage et/ou de maintien en température de la turbine comprenant la circulation de vapeur depuis le dispositif de stockage thermique vers le cycle vapeur.

[0020] Le procédé selon l'invention permet d'utiliser une partie de la chaleur issue du fonctionnement de la batterie de Carnot pour être stockée en prévision du préchauffage et/ou du maintien en température de tout ou partie du cycle vapeur, en particulier lorsque le déstockage de la chaleur stockée dans le module de stockage de chaleur est à l'arrêt.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0021] 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 :

La figure 1 représente un schéma d'une première variante de l'invention .
La figure 2 représente un schéma d'une deuxième variante de l'invention dans laquelle l'unité de stockage supplémentaire comprend deux dispositifs de stockage thermique : un système de stockage thermique par MCP et un accumulateur de vapeur.
La figure 3 représente un schéma d'une troisième variante de l'invention dans laquelle l'unité de stockage supplémentaire comprend trois dispositifs de stockage thermique : un système de stockage thermique par MCP, un accumulateur de vapeur et un stockage sensible et la connexion fluidique de charge 403 passe par l'échangeur thermique de charge 405.
La figure 4 représente un schéma d'une quatrième variante de l'invention dans laquelle la connexion fluidique d'alimentation 401 est connectée en amont de l'échangeur 304 sur le cycle vapeur 301.

[0022] 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

[0023] 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 :

- Selon un exemple, la batterie de Carnot comprend un échangeur thermique d'interface 304 agencé entre le module de stockage de la chaleur produite 200 et le cycle vapeur 301 de sorte à assurer le transfert thermique depuis le module de stockage thermique 200 vers le cycle vapeur 301, l'échangeur thermique d'interface 304 étant agencé sur le cycle vapeur 301 en amont de la turbine 302, la connexion d'alimentation 401 de la turbine 301 étant connectée au cycle vapeur 301 en aval de l'échangeur thermique d'interface 304 ;
- Selon un exemple, la batterie de Carnot comprend un échangeur thermique d'interface 304 agencé entre le module de stockage de la chaleur produite 200 et le cycle vapeur 301 de sorte à assurer le transfert thermique depuis le module de stockage thermique 200 vers le cycle vapeur 301, l'échangeur thermique d'interface 304 étant agencé sur le cycle vapeur 301 en amont de la turbine 302, la connexion d'alimentation 401 de la turbine 301 étant connectée au cycle vapeur 301 en amont de l'échangeur thermique d'interface 304 ;
- Selon un exemple, le dispositif de stockage thermique comprend un système de stockage thermique (SST) par matériau à changement de phase (MCP) ;
- Selon un exemple, le dispositif de stockage thermique comprend un accumulateur de vapeur ;
- Selon un exemple, le dispositif de stockage thermique comprend un stockage sensible ;
- Selon un exemple, le système ne comprend pas de source de chaleur externe autre que la batterie de Carnot pour la production de vapeur dans le cycle vapeur;
- Selon un exemple, le cycle vapeur et la turbine font partie d'une centrale à charbon, plus précisément sont connectés thermiquement à ou alimentées par à une centrale à charbon ;
- Selon un exemple, le module de stockage thermique 200 de chaleur produite de la batterie de Carnot comprend un circuit fluidique 201 destiné à recevoir au moins un sel fondu et assurant la connexion fluidique entre un réservoir froid 202 destiné à stocker le sel fondu froid, un réservoir chaud 203 destiné à stocker le sel fondu chaud, une pompe 204, le module de transformation de l'électricité en chaleur 100, et un échangeur thermique d'interface 304 au travers duquel circule le cycle vapeur 301 ;
- Selon un exemple, le procédé comprend une étape de production d'électricité par la turbine, l'étape de charge du dispositif de stockage thermique étant réalisée lors de cette étape de production d'électricité ;
- Selon un exemple, l'étape de préchauffage et/ou de maintien en température de la turbine est réalisée en alternance avec l'étape de production d'électricité.

[0024] Pour la suite de la description, on entend par 'haut' et 'bas', ou leurs dérivés, une qualité de positionnement relatif d'un élément du système ou 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 supérieure se situe en haut et l'extrémité inférieure se situe en bas.

[0025] On entend par vertical ce qui est parallèle à la direction de la pesanteur donnée notamment par le fil à plomb et horizontal ce qui est perpendiculaire à la verticale. Le haut et le bas étant opposés verticalement.

[0026] On entend par transversale, une direction perpendiculaire à une direction longitudinale. Une coupe transversale est une coupe perpendiculaire à l'axe longitudinal.

[0027] On entend par un paramètre "sensiblement égal/supérieur/inférieur à" ou "de l'ordre de" 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.

[0028] Aux fins de la présente divulgation, l'expression « A et/ou B » signifie (A), (B) ou (A et B). Aux fins de la présente divulgation, l'expression "A, B et/ou C" signifie (A), (B), (C), (A et B), (A et C), (B et C) , ou (A, B et C).

[0029] L'amont et l'aval, l'entrée, la sortie, en un point donné sont pris en référence au sens de circulation du fluide.

[0030] On entend par « connecté fluidiquement » ou « en connexion fluidique », lorsqu'une ligne assure une connexion par ou dans laquelle circule un fluide.

[0031] Dans la présente description, l'expression « A fluidiquement raccordé à B » est synonyme de « A est en connexion fluidique avec B » et ne signifie pas nécessairement qu'il n'existe pas d'organe entre A et B. Ainsi ces expressions s'entendent d'une connexion fluidique entre deux éléments, cette connexion pouvant ou non être directe. Cela signifie qu'il est possible qu'entre un premier élément et un deuxième élément qui sont fluidiquement connectés, un parcours d'un fluide existe par un ou des conduits, éventuellement un organe supplémentaire.

[0032] A l'inverse, le terme « fluidiquement connecté directement » s'entend d'une connexion fluidique directe entre deux éléments. Cela signifie qu'entre un premier élément et un deuxième élément qui sont fluidiquement connectés directement aucun autre élément n'est présent, autre qu'un conduit ou plusieurs conduits.

[0033] Les expressions « agencée sur » ou « sur » sont synonymes de « raccordé fluidiquement à ».

[0034] On entend par chaud, froid, refroidi, une température relative par rapport à un autre point du système.

[0035] Le système selon l'invention consiste à ajouter une unité de stockage thermique supplémentaire 400 en complément d'une batterie de Carnot.

[0036] Le principe d'une batterie de Carnot est d'assurer le stockage d'électricité sous forme de chaleur puis de la restituer sous forme d'électricité.

[0037] Les batteries de Carnot ont été développées pour le stockage d'électricité produite par des sources d'énergie intermittentes par exemple de type énergie solaire ou énergie éolienne et pour lesquelles la production d'électricité est décalée par rapport aux besoins en électricité.

[0038] La batterie de Carnot comprend un module de transformation d'électricité en chaleur 100, un module de stockage thermique de la chaleur 200, et un module de transformation de la chaleur en électricité 300.

[0039] Le module de transformation d'électricité en chaleur 100 comprend tout type de systèmes permettant cette transformation tel que par exemple une résistance électrique ou une pompe à chaleur ou une combinaison de systèmes.

[0040] Le module de stockage thermique 200 de la chaleur permet de stocker la chaleur produite par le module de transformation 100 en attendant sa transformation en électricité en fonction des besoins. Le module de stockage thermique 200 est en conduction thermique avec le module de transformation d'électricité en chaleur 100. La conduction thermique se fait par exemple directement par le chauffage du circuit fluidique 201 par une résistance électrique ou bien par un échangeur thermique assurant le transfert thermique entre les deux modules.

[0041] Le module de stockage thermique 200 peut comprendre tout type de stockage thermique, sensible ou latent notamment par MCP. Préférentiellement, le module de stockage thermique 200 comprend un circuit fluidique 201 destiné à recevoir un fluide caloporteur. Les fluides caloporteurs les plus utilisés dans les batteries de Carnot sont les sels fondus. À titre d'exemple, les sels fondus sont le HITEC (53% KNO3, 40% NaNO2, 7% NaNO3) ou le Solar sait (40% KNO3, 60% NaNO3) pour des températures de fonctionnement compris entre 200 °C et 550 °C. Préférentiellement, le module de stockage thermique 200 de chaleur fonctionnant avec des sels fondus fonctionne à des pressions très légèrement au-dessus de la pression atmosphérique afin d'assurer l'inertage des ciels des réservoirs 202, 203. Le module de transformation d'électricité en chaleur 100 permet ainsi le chauffage des sels fondus circulant dans le circuit fluidique 201. Le module de stockage thermique 200 comprend un réservoir froid 202 destiné à stocker les sels fondus froids et un réservoir chaud 203 destiné à stocker les sels fondus chauds. Le module de stockage thermique 200 comprend également une pompe 204 éventuellement une deuxième pompe 205 pour assurer la circulation des sels fondus sur l'ensemble du circuit fluidique 201.

[0042] La batterie de Carnot comprend également un échangeur d'interface 304 agencée à l'interface entre le module de stockage thermique 200 et le module de transformation de la chaleur en électricité 300. L'échangeur d'interface 304 est un échangeur thermique assurant le transfert d'énergie thermique depuis le module de stockage thermique 200 vers le module de transformation de chaleur en électricité 300. L'échangeur d'interface 304 est ainsi traversé par le circuit fluidique 201 et le cycle vapeur 301 du module de transformation de chaleur en électricité 300 décrit ci-après. L'échangeur d'interface 304 est par exemple un échangeur sel/eau-vapeur. L'échangeur d'interface 304 est ainsi dénommé générateur de vapeur puisqu'il a pour but de produire de la vapeur dans le cycle vapeur 301.

[0043] L'échangeur d'interface 304 est avantageusement agencé en aval du réservoir chaud 203. L'échangeur d'interface 304 est avantageusement agencé en amont du réservoir froid 202. Préférentiellement dans le cas où le système comprend un échangeur de charge 405, l'échangeur d'interface 304 est agencé en amont de l'échangeur de charge 405 sur le circuit fluidique 201.

[0044] Classiquement, la charge de la batterie de Carnot est réalisée, lorsque les tarifs de l'électricité sont bas, en pompant du sel « froid » dans le réservoir froid 202, en le réchauffant à l'aide du module de transformation d'électricité en chaleur 100, puis en l'envoyant dans le

réservoir chaud 203. Le réservoir froid 202 et le réservoir chaud 203 sont calorifugés de façon à limiter les pertes et ainsi conserver la chaleur durant de nombreuses heures.

[0045] Classiquement, la décharge est réalisée à la demande en fonction d'un besoin du réseau électrique et/ou de tarifs de revente élevé en pompant du sel dans le réservoir chaud 203, le faisant circuler dans l'échangeur d'interface 304 puis en le renvoyant dans le réservoir froid 202. Cela permet de produire de la vapeur afin d'alimenter une turbine 302 et ainsi produire de l'électricité.

[0046] Le circuit fluidique 201 assure la connexion fluidique entre les différents composants du module de stockage thermique 200. Plus préférentiellement, le circuit fluidique assure la connexion fluidique du réservoir froid 202 vers le module de transformation d'électricité en chaleur 100, puis vers le réservoir chaud 203, puis vers l'échangeur d'interface 304 puis vers le réservoir froid 202. Avantageusement, le circuit fluidique 200 comprend une pompe 204 et éventuellement une pompe 205, les pompes étant disposées de sorte à assurer la circulation des sels fondus dans tout le circuit fluidique 201. À titre d'exemple comme illustré à l'ensemble des figures, la pompe 204 est agencée entre la sortie du réservoir froid 202 et le module de transformation d'électricité en chaleur 100 et la pompe 205 est agencée entre la sortie du réservoir chaud 203 est échangeur d'interface 304.

[0047] D'un point de vue connexion fluidique, le réservoir froid 202 est connecté fluidiquement, préférentiellement directement, à la pompe 204 par la connexion fluidique 2001 assurant la circulation des sels fondus froids depuis le réservoir froid 202 vers la pompe 204. La pompe 204 est connectée fluidiquement, préférentiellement directement, au module de transformation d'électricité en chaleur 100 par la connexion fluidique 2002 assurant la circulation des sels fondus froids depuis la pompe 204 vers le module de transformation d'électricité en chaleur 100. Le module de transformation d'électricité en chaleur 100 est connecté fluidiquement, préférentiellement directement, au réservoir chaud 203 par la connexion fluidique 2003 assurant la circulation des sels fondus chauds depuis le module de transformation d'électricité en chaleur 100 vers le réservoir chaud 203. Le réservoir chaud 203 est connecté fluidiquement, préférentiellement directement, à la pompe 205 par la connexion fluidique 2004 assurant la circulation des sels fondus chauds depuis le réservoir chaud 203 vers la pompe 205. La pompe 205 est connectée fluidiquement, préférentiellement directement, à l'échangeur d'interface 304 par la connexion fluidique 2005 assurant la circulation des sels fondus chauds depuis la pompe 205 vers l'échangeur d'interface 304. L'échangeur d'interface 304 est connecté fluidiquement au réservoir froid 202 par la connexion fluidique 2006 assurant la circulation des sels fondus froids depuis l'échangeur d'interface 304 vers le réservoir froid 202, soit directement soit indirectement au travers d'un échangeur de charge 405 décrit ci-après selon le mode de réalisation.

[0048] Le module de transformation de la chaleur en électricité 300 comprend un cycle vapeur 301 et au moins une turbine 302 agencée sur le cycle vapeur 301. Le cycle vapeur 301 est destiné à recevoir de l'eau et de la vapeur. Le cycle vapeur 301 comprend avantageusement une pompe 305 assurant la mise en circulation de l'eau et de la vapeur ainsi que la pressurisation de l'eau dans le cycle vapeur 301. Le cycle vapeur 301 est agencé en connexion thermique avec le circuit fluidique 201 du module de stockage thermique 200 par l'échangeur d'interface 304. Classiquement, le cycle vapeur comprend un condenseur 306 agencé en aval de la turbine 302. Le condenseur 306 est destiné à condenser la vapeur détendue en sortie de la turbine 302.

[0049] Le cycle vapeur 301 est destiné à la circulation de vapeur pour alimenter la turbine 302 dans laquelle la vapeur va être détendue assurant, grâce à un générateur 303 associé, la production d'électricité à partir de la chaleur stockée dans le module de stockage thermique 200.

[0050] La pression de travail du cycle vapeur 301 dépend de la température du sel chaud, mais aussi des conditions imposées par la turbine 302 en fonction de son design. À titre d'exemple, la pression du cycle vapeur se situe entre 100 et 200 bars.

[0051] Dans le cycle vapeur 301, l'échangeur d'interface 304 est connecté fluidiquement, préférentiellement directement, à la turbine 302 par une connexion fluidique A assurant la circulation de la vapeur produite dans l'échangeur d'interface 304 vers la turbine 302 pour l'alimenter en vapeur. La turbine 302 est connectée fluidiquement, préférentiellement directement, au condenseur 306 par une connexion fluidique B assurant la circulation de la vapeur détendue en sortie de la turbine 302 vers le condenseur 306 en vue de la condensation de cette vapeur détendue. Le condenseur 306 est connecté fluidiquement, par exemple comme illustré sur les figures directement, à une pompe 305 par une connexion fluidique C assurant la circulation de l'eau condensée en sortie du condenseur 306 vers la pompe 305. Selon une autre possibilité non illustrée, une cuve de type dégazeur peut être agencée entre le condenseur 306 et le pompe 305 sur la connexion fluidique C. La pompe 305 est connectée fluidiquement, préférentiellement directement, à l'échangeur d'interface 304 par une connexion fluidique D assurant la circulation de l'eau sous pression vers l'échangeur d'interface 304.

[0052] Préférentiellement, le circuit fluidique 201 du module de stockage thermique 200 et le cycle vapeur 301 du module de transformation de la chaleur en électricité 300 sont distincts fluidiquement. On entend par là que le circuit fluidique 201 et le cycle vapeur 301 ne comprennent pas de communication fluidique. De même, dans le cas où le module de transformation de l'électricité en chaleur 100 comprend un circuit fluidique alors celui-ci est également distinct fluidiquement du circuit fluidique 101 et du cycle vapeur 301.

[0053] Préférentiellement, le circuit fluidique 201 est

un circuit fermé.

[0054] Préférentiellement, le cycle vapeur 301 est un circuit fermé dans le sens où il ne comprend pas d'alimentation en eau ou en vapeur extérieure pour le préchauffage et/ou maintien en température de la turbine 302. Une alimentation en eau peut être faite uniquement comme appoint pour compenser des éventuelles purges.

[0055] Dans une application particulière de l'invention, le cycle vapeur 301 et la turbine 302 font partie d'une centrale qui utilise de la chaleur pour générer de la vapeur puis alimenter une turbine telle que par exemple une centrale à charbon, une centrale nucléaire, une centrale d'incinération ou autres.

[0056] Le système comprend une unité de stockage thermique supplémentaire 400. L'unité de stockage thermique supplémentaire 400 est connectée fluidiquement au cycle vapeur 301. L'unité de stockage thermique supplémentaire 400 comprend au moins un dispositif de stockage thermique et un ensemble de connexions fluidiques destinées à recevoir de l'eau à l'état liquide et/ou à l'état de vapeur pour assurer la connexion fluidique du dispositif de stockage thermique sur le cycle vapeur 301.

[0057] L'unité de stockage thermique supplémentaire 400 est distincte du module de stockage thermique 200 de la batterie de Carnot.

[0058] L'unité de stockage thermique supplémentaire 400 permet d'utiliser une partie de l'énergie thermique stockée dans la batterie de Carnot pour produire de la vapeur et stocker son énergie thermique dans l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 puis la déstocker pour restituer de l'énergie thermique au cycle vapeur 301 et plus particulièrement à la turbine 302.

[0059] L'unité de stockage thermique supplémentaire 400 permet d'assurer un préchauffage et/ou un maintien en température de tout ou partie du cycle vapeur 301 et plus particulièrement de la turbine 302 en utilisant l'énergie thermique stockée dans la batterie Carnot. Avantageusement, le système selon l'invention ne comprend pas d'alimentation en vapeur extérieure à la batterie Carnot. L'unité de stockage thermique supplémentaire 400 permet de restituer une faible puissance thermique sur une longue durée assurant ainsi un préchauffage et/ou en maintien en température satisfaisant.

[0060] La décharge du module de stockage thermique 200 de la batterie de Carnot est réalisée afin de produire de l'électricité lorsque le réseau électrique est en tension. Cela permet de profiter de tarifs de rachat de l'électricité avantageux, mais implique un fonctionnement discontinu. Le module de stockage thermique 200 notamment par sel fondu n'est pas dimensionné pour une faible puissance, il est donc mis à l'arrêt lors des phases d'arrêt de production électrique et le cycle vapeur redescend en température. Or, les impératifs du réseau électrique nécessitent que la production électrique démarre rapidement après que le signal ait été donné, ce qui n'est pas possible si le cycle vapeur est froid. L'unité de stockage thermique supplémentaire 400 permet de préchauffer et/ou de maintenir en température tout ou partie du cycle vapeur 301. À titre d'exemple, le démarrage de la turbine à froid peut prendre jusqu'à 6 heures tandis qu'un démarrage de la turbine chauffée se fait en moins de 2 heures. À titre d'exemple, la turbine est maintenue à une température comprise entre 300°C et 500°C.

[0061] Selon un aspect, le système comprend une cuve tampon destinée au stockage de l'énergie thermique de la vapeur issue du cycle vapeur 301. La cuve tampon est connectée fluidiquement au cycle vapeur 301 par une connexion fluidique d'alimentation de la cuve tampon. La connexion fluidique d'alimentation est avantageusement connectée en aval de la turbine 302, préférentiellement directement en aval.

[0062] La cuve tampon est connectée fluidiquement à l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 par la connexion fluidique de retour 402 assurant le remplissage d'eau dans l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 depuis la cuve tampon lorsqu'il y a décharge d'énergie thermique par la connexion fluidique 401 au profit du cycle vapeur 301. Selon une possibilité, une pompe 406 est agencée sur la connexion fluidique de retour 402 pour assurer la mise en circulation du fluide dans la connexion.

[0063] La cuve tampon est connectée fluidiquement à l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 par la connexion fluidique d'évacuation 404 assurant l'évacuation de l'eau de l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 vers la cuve tampon lors de la charge de l'unité de stockage thermique 400.

[0064] La cuve tampon 50 est connectée fluidiquement à l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 par la connexion fluidique de charge 403 assurant l'apport d'eau depuis la cuve tampon 00 vers l'échangeur de charge 405 par une première partie 403a puis l'alimentation de l'unité de stockage thermique par la vapeur produite par l'échangeur de charge 405 au travers d'une deuxième partie 403b de la connexion fluidique de charge.

[0065] Selon une possibilité préférée, la cuve tampon est une cuve de stockage thermique par thermocline permettant le stockage de fluide chaud et de fluide froid dans la même cuve, mais séparés par un gradient de température (stratification). Avantageusement, la cuve tampon 50 peut stocker la vapeur détendue issue de la turbine 302 en vue de son utilisation pour charger le dispositif de stockage thermique de l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 et elle peut également stocker de l'eau issue du dispositif de stockage thermique de l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 lorsque celui-ci est en charge et que la vapeur amenée au dispositif est transformée en eau suite au stockage de son énergie thermique dans le dispositif de stockage thermique. La cuve tampon permet également de fournir de l'eau au dispositif de stockage thermique lorsque celui-ci est en phase de décharge et transmet de la chaleur au cycle vapeur.

[0066] La cuve tampon présente ainsi l'avantage de

permettre une indépendance plus importante entre le cycle vapeur et le dispositif de stockage thermique notamment pour l'étape de charge lors de laquelle il n'est pas nécessaire que le cycle vapeur 301 soit en fonctionnement ou inversement que lorsque le cycle vapeur 301 est en fonctionnement il y ait forcément une charge du dispositif de stockage.

[0067] L'unité de stockage thermique supplémentaire 400 comprend une connexion fluidique d'alimentation 401 de la turbine 302. La connexion fluidique d'alimentation 401 est issue du dispositif de stockage thermique et est connectée fluidiquement au cycle vapeur 301, avantageusement en amont de la turbine 302 de sorte à alimenter le cycle vapeur 301 en vapeur, notamment lorsque le module de stockage thermique de la batterie Carnot est en charge ou à l'arrêt. La connexion fluidique d'alimentation 401 assure la connexion fluidique du dispositif de stockage thermique vers le cycle vapeur 301. La connexion fluidique d'alimentation 401 est soit connectée directement en amont de la turbine 302 pour alimenter uniquement la turbine 302, comme illustré sur les figures 1 à 3, soit en amont de l'échangeur d'interface 304 de sorte à également maintenir en température l'échangeur d'interface 304 et éviter la solidification des sels fondus dans l'échangeur lorsque le module de stockage thermique de la batterie de Carnot est à l'arrêt et que les sels fondus ne circulent pas dans le circuit fluidique 201 comme illustré à la figure 4.

[0068] L'unité de stockage thermique supplémentaire 400 comprend une connexion fluidique de retour 402. La connexion fluidique de retour 402 assure la connexion fluidique du cycle vapeur 301, avantageusement en aval de la turbine 302, vers l'unité de stockage thermique supplémentaire 400.

[0069] Selon une possibilité non illustrée, la connexion fluidique de retour 402 est connectée au cycle vapeur 301 indirectement en aval de la turbine 302. Suivant cette possibilité, le système peut comprend une cuve tampon agencée sur la connexion fluidique de retour 402 entre le cycle vapeur 301 et l'unité de stockage thermique supplémentaire 400.

[0070] Selon une possibilité préférée illustrée aux figures 1 à 4, la connexion fluidique de retour 402 est connectée au cycle vapeur 301, préférentiellement directement, en aval de la pompe 305, et éventuellement en aval du condenseur 306 de sorte à permettre le retour de l'eau condensée, plutôt que de la vapeur détendue vers le dispositif de stockage thermique afin de profiter du coefficient d'échange important lors de l'évaporation de l'eau.

[0071] La connexion fluidique d'alimentation 401 et la connexion fluidique de retour 402 forment une paire de connexions fluidiques de préchauffage, ce sont les connexions en fonctionnement lors d'une étape de préchauffage et/ou de maintien en température de tout ou partie du cycle vapeur 301, plus précisément de la turbine 302.

[0072] L'unité de stockage thermique supplémentaire 400 comprend une connexion fluidique de charge 403. La connexion fluidique de charge 403 assure la connexion fluidique du cycle vapeur 301 vers le dispositif de stockage thermique. La connexion fluidique de charge 403 est issue du cycle vapeur 301 en aval de la turbine 302.

[0073] Suivant un mode de réalisation non illustré, la connexion fluidique de charge 403 est issue du cycle vapeur en aval de la turbine 302 préférentiellement en aval du condenseur 306 et encore plus préférentiellement en aval de la pompe 305, préférentiellement en amont de l'échangeur d'interface 304. La connexion fluidique de charge 403 comprend un piquage sur le cycle vapeur 301 qui se fait préférentiellement sur la connexion fluidique D du cycle vapeur 301. Préférentiellement, le piquage est agencé en aval de la pompe 305 et en amont de l'échangeur d'interface 304. Suivant ce mode de réalisation, la connexion fluidique de charge 403 assure une connexion fluidique indirecte entre le cycle vapeur 301 et le dispositif de stockage thermique, préférentiellement par l'échangeur thermique de charge 405 décrit ci-après.

[0074] Suivant un aspect non illustré, la connexion fluidique de charge 403 peut être issue indirectement du cycle vapeur 301 en étant connectée à la cuve tampon, elle-même connectée fluidiquement au cycle vapeur 301 par une connexion fluidique. La connexion fluidique de charge 403 permet d'alimenter l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 par l'intermédiaire de l'échangeur thermique de charge 405 à partir de la cuve tampon.

[0075] Selon l'invention illustrée aux figures 1 à 4, la connexion fluidique de charge 403 est issue du cycle vapeur 301 en aval de la turbine 302 préférentiellement par soutirage sur la turbine 302. Le piquage de la connexion fluidique de charge 403 sur le cycle vapeur 301 se fait sur la turbine 302. La connexion fluidique de charge 403 assure une connexion fluidique directe entre le cycle vapeur 301 et l'unité de stockage thermique supplémentaire 400.

[0076] L'unité de stockage thermique supplémentaire 400 comprend une connexion fluidique d'évacuation 404.

[0077] La connexion fluidique d'évacuation 404 assure la connexion fluidique de l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 vers le cycle vapeur 301. Cette connexion fluidique d'évacuation 404 permet l'évacuation d'eau du dispositif de stockage thermique vers le cycle vapeur 301 lorsque le dispositif de stockage thermique reçoit de la vapeur depuis le cycle vapeur 301 par la connexion fluidique de charge 403. À titre d'exemple préféré, la connexion fluidique d'évacuation 404 est connectée fluidiquement au cycle vapeur 301 en aval de la turbine 302 pour ne pas impacter le fonctionnement de la turbine 302. Préférentiellement, la connexion fluidique d'évacuation 404 est connectée fluidiquement sur le cycle vapeur 301 en aval du condenseur 306. Préférentiellement, la connexion fluidique d'évacuation 404

est connectée fluidiquement sur la connexion fluidique D du cycle vapeur 301.

[0078] Selon un autre aspect non illustré, la connexion fluidique d'évacuation 404 assure la connexion fluidique de l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 vers la cuve tampon. Cette connexion fluidique d'évacuation 404 permet l'évacuation d'eau du dispositif de stockage thermique vers la cuve tampon lorsque le dispositif de stockage thermique reçoit de la vapeur depuis le cycle vapeur 301 par la connexion fluidique de charge 403.

[0079] La connexion fluidique de charge 403 et la connexion fluidique d'évacuation 404 forment une paire de connexions fluidiques de charge. Ce sont les connexions en fonctionnement lors d'une étape de charge du dispositif de stockage thermique de l'unité de stockage thermique supplémentaire 400.

[0080] Avantageusement, la connexion fluidique d'alimentation 402, la connexion fluidique de retour 401, la connexion fluidique de charge 403 et la connexion fluidique d'évacuation 404 sont des connexions fluidiques distinctes. Le système comprend au moins quatre connexions fluidiques, et possiblement au moins cinq connexions fluidiques, assurant la circulation fluidique entre le dispositif de stockage thermique de l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 et le cycle vapeur 301 du module de transformation de chaleur en électricité et possiblement la cuve tampon.

[0081] Le au moins un dispositif de stockage thermique de l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 peut-être un stockage latent et/ou sensible. Le au moins un dispositif de stockage thermique est choisi parmi un système de stockage thermique par un matériau à changement de phase (MCP) 4001, un accumulateur de vapeur 4002, un système de stockage sensible air solide 4003 ou bien encore système thermocline.

[0082] Un système de stockage thermique par MCP 4001 pouvant être utilisé comme dispositif de stockage thermique de l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 est illustré aux figures 1 à 4.

[0083] À titre préféré, le système de stockage thermique (SST) par MCP est un échangeur tube-calandre dans lequel une cuve, la calandre, reçoit un matériau à changement de phase (MCP). La cuve est parcourue par un faisceau de tubes au travers desquelles circule de l'eau à l'état liquide et/ou à l'état vapeur en connexion fluidique avec le cycle vapeur 301 et plus précisément par les connexions fluidiques 401, 402, 403, 404 en connexion fluidique avec le faisceau de tubes.

[0084] Le matériau à changement de phase est choisi en fonction de la température de travail souhaité. À titre d'exemple, le nitrate de sodium (NaNos) peut être utilisé pour une température autour de 300°C.

[0085] L'utilisation d'un système de stockage thermique (SST) par MCP comprenant un échangeur tube calandre présente l'avantage d'avoir l'eau à l'état liquide et/ou à l'état de vapeur séparée du MCP par le faisceau de tubes. Les éléments sous pression sont ainsi uniquement composés du faisceau de tubes et de deux distributeurs à chaque extrémité des tubes. La calandre qui contient le MCP fonctionne elle sous une pression proche de la pression atmosphérique. Le fait d'exploiter la chaleur latente du changement d'état du MCP, préférentiellement un MCP solide/liquide, permet d'assurer le stockage et le déstockage de la vapeur avec une faible variation de température. Ainsi lors du déstockage, la pression et la température de la vapeur produite restent très stables.

[0086] Selon une autre possibilité alternative ou cumulative, le dispositif de stockage thermique est un accumulateur de vapeur 4002 tel qu'illustré aux figures 2 et 3.

[0087] Un accumulateur de vapeur 4002 présente une très bonne réactivité permettant d'assurer la décharge de la vapeur rapidement après que l'instruction soit transmise. Avec un accumulateur de vapeur 2002 délivre en quelques secondes, voire en instantanée de la vapeur dans la connexion fluidique d'alimentation 401.

[0088] Suivant un mode de réalisation non illustré où l'accumulateur 4002 est le seul dispositif de stockage thermique, l'accumulateur de vapeur 4002 est en connexion fluidique avec le cycle vapeur 301, plus précisément par les connexions fluidiques 401, 402, 403, 404.

[0089] Selon une autre possibilité alternative ou cumulative aux deux précédentes, le dispositif de stockage thermique d'un système de stockage par chaleur sensible. À titre d'exemple préféré, le système de stockage par chaleur sensible 4003 se fait dans un matériau solide tel que du béton haute température ou des céramiques. Cette possibilité est illustrée à figure 3. Ce type de stockage par chaleur sensible dans un matériau solide comprend une enceinte de matériau solide et un échangeur thermique vapeur/air. L'air circule dans l'échangeur thermique et récupère l'énergie thermique de celle-ci. L'air chauffé circule ensuite en contact du matériau solide de sorte à stocker la chaleur dans le matériau solide. Ce type de stockage présente l'avantage d'utiliser des matériaux de stockage peu cher, ne comportant aucun risque (chimiques, feu...) et pouvant atteindre des températures très élevées, notamment jusqu'à 1000 °C. Suivant un mode de réalisation non illustré où l'accumulateur 4002 est le seul dispositif de stockage thermique, le système de stockage par chaleur sensible 4003 est en connexion fluidique avec le cycle vapeur 301, plus précisément par les connexions fluidiques 401, 402, 403, 404 et un échangeur thermique eau-vapeur/air 4003a.

[0090] Selon un autre exemple non illustré, le système de stockage par chaleur sensible se fait dans un matériau liquide tel que de l'eau, de l'huile thermique ou du sel fondu, le stockage est dit stockage thermique par thermocline.

[0091] L'unité de stockage thermique supplémentaire 400 comprend un ou plusieurs dispositifs de stockage thermique. Plusieurs combinaisons des dispositifs de stockage thermique décrits ci-dessus peuvent être envisagées. Certains exemples de combinaisons de dispositifs de stockage thermique sont illustrés aux figures 2 et

3. Une combinaison d'un SST par MCP 4001 et d'un accumulateur de vapeur 4002, à la figure 2, une combinaison d'un SST par MCP 4001, d'un accumulateur de vapeur 4002 et d'un système de stockage par chaleur sensible solide 4003 à la figure 3.

[0092] Avantageusement, le SST par MCP 4001 et l'accumulateur de vapeur 4002 sont agencés en parallèle pour les connexions fluidiques de charge 403 et d'alimentation 401 et en série pour les connexions fluidiques de retour 402 et d'évacuation 404 comme illustrées aux figures 2 et 3.

[0093] En figure 3, avantageusement, le SST par MCP 4001 et l'accumulateur de vapeur 4002 sont agencés en parallèle pour les connexions fluidiques de charge 403 et d'alimentation 401 et en série pour les connexions fluidiques de retour 402 et d'évacuation 404 et le système de stockage de chaleur sensible solide 4003 est agencée en série avec les deux autres dispositifs de stockage thermique le SST par MCP 4001 et l'accumulateur de vapeur 4002. Une dérivation de ce système de stockage de chaleur sensible solide 4003 peut être prévue. Dans ce cas, on retombe sur un fonctionnement identique à celui de la figure 3.

[0094] Selon un premier mode de réalisation, le au moins un dispositif de stockage thermique est connecté fluidiquement au cycle vapeur indirectement pour assurer sa charge. Plus spécifiquement, la connexion fluidique de charge 403 assure l'alimentation en vapeur du dispositif de stockage de l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 au travers de l'échangeur thermique de charge 405. Ce mode de réalisation peut être combiné à la présence d'une cuve tampon ou bien être prévu sans avec une connexion fluidique de charge 403 connectée sur le cycle vapeur 301.

[0095] Suivant ce premier mode de réalisation illustré à la figure 3, le dispositif de stockage thermique de l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 est connecté au cycle vapeur 301 par la connexion fluidique de charge 403 passant par un échangeur thermique de charge 405. L'échangeur thermique de charge 405 est agencé sur le circuit fluidique de sels fondus 201 et sur la connexion fluidique de charge 403 de sorte à assurer l'échange d'énergie thermique depuis le module de stockage thermique 200 de la batterie de Carnot vers l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 et plus précisément vers la connexion fluidique de charge 403. L'échangeur thermique de charge 405 est d'une puissance inférieure à l'échangeur thermique d'interface 304. Suivant un aspect de ce premier mode de réalisation, la connexion fluidique de charge 403 peut être issue de la cuve tampon, elle-même connectée pour son alimentation au cycle vapeur 301 en aval de la turbine 302 par une connexion fluidique. Dans ce mode de réalisation, la connexion fluidique de charge 403 comprend une première partie 403a et une deuxième partie 403b. La première partie de la connexion de charge 403a s'étend entre le cycle vapeur 301 et l'échangeur de charge 405. Cette première partie de la connexion fluidique de charge 403a assure la circulation d'eau depuis le cycle vapeur 301 vers l'échangeur thermique de charge 405. L'échangeur thermique de charge 405 assure la transformation de l'eau amenée par la première partie de la connexion fluidique de charge 403a en vapeur. La deuxième partie de la connexion fluidique de charge 403b s'étend entre l'échangeur thermique de charge 405 et le dispositif de stockage thermique. Cette deuxième partie de la connexion fluidique de charge 403b assure la circulation de vapeur depuis l'échangeur thermique de charge 405 vers le dispositif de stockage thermique. La vapeur produite dans l'échangeur thermique 405 est transportée vers le dispositif de stockage thermique par la deuxième partie de connexion fluidique de charge 403b. La connexion du cycle vapeur et du dispositif de stockage thermique est indirecte pour ce qui est de la charge.

[0096] Selon un deuxième mode de réalisation illustré aux figures 1 à 3, le au moins un dispositif de stockage thermique est connecté fluidiquement au cycle vapeur directement pour assurer sa charge. Plus spécifiquement, la connexion fluidique de charge 403 assure l'alimentation en vapeur du dispositif de stockage de l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 sans passer par l'échangeur thermique de charge 405. La connexion du cycle vapeur et du dispositif de stockage thermique est directe pour ce qui est de la charge.

[0097] Suivant ce deuxième mode de réalisation, le dispositif de stockage thermique de l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 est connecté au cycle vapeur 301 par la connexion fluidique de charge 403 directement. Suivant ce deuxième mode de réalisation, la connexion fluidique de charge 403 est issue du cycle vapeur 301 en aval de la turbine 302 préférentiellement par soutirage sur la turbine 302. Le piquage de la connexion fluidique de charge 403 sur le cycle vapeur 301 se fait sur la turbine 302. De la vapeur est directement issue du cycle vapeur 301 et plus précisément de la turbine 302 par la connexion fluidique de charge 403 qui assure sa circulation directement jusqu'au dispositif de stockage thermique.

[0098] Préférentiellement, le premier mode de réalisation et le deuxième mode de réalisation sont alternatifs.

[0099] Suivant un troisième mode de réalisation pouvant être combiné au premier mode de réalisation ou au deuxième mode de réalisation, la connexion fluidique d'alimentation 401 est issue du dispositif de stockage thermique et est connectée fluidiquement au cycle vapeur 301, avantageusement en amont de la turbine 302 et préférentiellement en aval de l'échangeur thermique d'interface 304 de sorte à alimenter le cycle vapeur 301 en vapeur. La connexion fluidique d'alimentation 401 s'étend entre le dispositif de stockage et le piquage 4011 sur le cycle vapeur agencé suivant une possibilité sur la connexion fluidique A. Suivant un quatrième mode de réalisation alternatif au troisième mode de réalisation et pouvant être également combiné au premier mode de réalisation ou au deuxième mode de réalisation, la connexion fluidique d'alimentation 401 est issue du dis-

positif de stockage thermique et est connectée fluidiquement au cycle vapeur 301, avantageusement en amont de la turbine 302 et préférentiellement en amont de l'échangeur thermique d'interface 304 de sorte à alimenter le cycle vapeur 301 en vapeur. La connexion fluidique d'alimentation 401 s'étend entre le dispositif de stockage et le piquage 4011 sur le cycle vapeur agencé sur la connexion fluidique D comme illustré à la figure 4. Le piquage 4011 de la connexion fluidique d'alimentation est agencé en aval d'un éventuel piquage de la connexion fluidique de charge 403 sur la connexion fluidique D du cycle vapeur. Dans ce quatrième mode de réalisation, la connexion fluidique d'alimentation 401 permet de faire circuler de la vapeur dans l'échangeur thermique d'interface 304 lorsque le circuit fluidique de sels fondus est à l'arrêt. Cette disposition permet ainsi de limiter les risques que les sels fondus cristallisent dans l'échangeur thermique d'interface et l'endommage tout en assurant une alimentation en vapeur de la turbine 302.

[0100] La figure 2 est détaillée ci-après en ce qui concerne l'agencement des dispositifs de stockage thermique. La connexion fluidique de charge 403 assure la connexion fluidique d'alimentation en vapeur vers les deux dispositifs de stockage thermique 4001 et 4002 de l'unité de stockage thermique supplémentaire 400. La connexion fluidique 403 comprend une connexion fluidique de dérivation 403d permettant d'alimenter en parallèle un deuxième dispositif de stockage tel qu'illustré dans l'exemple des figures 2 et 3. La connexion fluidique 403 alimente le système de stockage thermique par MCP 4001 et la connexion fluidique de dérivation 403d assure la dérivation de la connexion fluidique 403 vers le deuxième dispositif de stockage, i.e l'accumulateur de vapeur 4002. La connexion fluidique d'alimentation 401 comprend également une connexion fluidique de dérivation 401d assurant la dérivation depuis le deuxième dispositif de stockage, l'accumulateur de vapeur 4002, vers la connexion fluidique 401. Avantageusement, le système de stockage thermique par MCP 4001 est connecté fluidiquement à l'accumulateur de vapeur 4002 par une connexion fluidique additionnelle de retour 402a et une connexion fluidique d'évacuation additionnelle 404a. Plus précisément, la connexion fluidique de retour additionnelle 402a assure la connexion fluidique depuis le système de stockage thermique par MCP 4001 vers l'accumulateur de vapeur 4002. La connexion fluidique d'évacuation additionnelle 404a assure la connexion fluidique depuis l'accumulateur de vapeur 4002 vers le système de stockage thermique par MCP 4001. Le système de stockage thermique par MCP 4001 n'est pas connecté directement au cycle vapeur 301 en ce qui concerne la connexion fluidique de retour et la connexion fluidique d'évacuation, mais de manière indirecte au travers de l'accumulateur de vapeur 4002. L'accumulateur de vapeur 4002 est connecté fluidiquement au cycle vapeur par la connexion fluidique de retour 402 et par la connexion fluidique d'évacuation 404. L'accumulateur de vapeur 4002 est connecté fluidiquement au cycle vapeur par la connexion fluidique d'alimentation de dérivation 401d et la connexion fluidique de charge de dérivation 403d.

[0101] La figure 3 est détaillée ci-après en ce qui concerne l'agencement des dispositifs de stockage thermique. La connexion fluidique de charge 403 comprend la première partie de la connexion fluidique 403a connectant le cycle vapeur 301 à l'échangeur thermique de charge 405, la deuxième partie de la connexion fluidique 403b connectant l'échangeur thermique de charge 405 au dispositif de stockage thermique et plus particulièrement au système de stockage thermique par MCP 4001. Le système comprend, agencé sur cette connexion fluidique 403b, un échangeur thermique 4003a assurant l'échange thermique entre la vapeur circulant dans la connexion fluidique 403b et de l'air destiné à circuler dans le dispositif de stockage sensible 4003. La connexion fluidique de charge 403b comprend une connexion fluidique de dérivation 403d assurant la connexion fluidique entre la connexion fluidique de charge 403 et l'accumulateur de vapeur 4002. La connexion fluidique d'alimentation 401 s'étend depuis le système de stockage thermique par MCP 4001 jusqu'au cycle vapeur 301. L'échangeur thermique 4003a étant également agencé sur cette connexion fluidique d'alimentation 401 pour assurer la récupération de l'énergie thermique stockée dans le dispositif de stockage sensible 4003. Une connexion fluidique d'alimentation de dérivation 401d assure la connexion entre l'accumulateur de vapeur 4002 et la connexion fluidique d'alimentation 401. Les connexions fluidiques de retour 402 et d'évacuation 404 sont similaires à ce qui est décrit au regard de la figure 2.

[0102] Suivant un autre aspect, l'invention concerne un procédé de chauffage et/ou de maintien en chaleur de tout ou partie du cycle vapeur 301 précisément de la turbine d'un système tel que décrit ci-dessous.

[0103] Le procédé de chauffage et/ou de maintien en température comprend une étape de charge du dispositif de stockage thermique de l'unité de stockage thermique supplémentaire 400. Cette étape de charge permet de stocker de l'énergie thermique dans le dispositif de stockage thermique de l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 en vue de son utilisation lors de préchauffage et de maintien en température.

[0104] L'étape de charge comprend la circulation de vapeur depuis le cycle vapeur 301 vers le dispositif de stockage thermique. L'étape de charge comprend une circulation de vapeur en circuit fermé depuis le cycle vapeur 301 vers le dispositif de stockage thermique.

[0105] Avantageusement, l'étape de charge se déroule lorsque le module de stockage thermique 200 de la batterie de Carnot fournit de l'énergie thermique au module de transformation de chaleur en électricité 300 et plus particulièrement au cycle vapeur 301. L'étape de charge est donc avantageusement réalisée simultanément à la production d'électricité et avec l'énergie thermique stockée dans la batterie de Carnot.

[0106] Suivant un mode de réalisation non illustré, l'eau détendue après la sortie de la turbine 302 et avantageusement après le condenseur 306 et encore avantageusement après la pompe 305 est prélevée sur le cycle vapeur par la connexion fluidique de charge 403 et plus précisément par la première partie de la connexion fluidique de charge 403a. L'eau détendue est vaporisée dans l'échangeur de charge 405. La vapeur produite dans l'échangeur de charge 405 est conduite au dispositif de stockage thermique par la deuxième partie de la connexion fluidique de charge 403b. Ce mode de réalisation permet d'adapter le système selon l'invention à différents types de cycle vapeur 301 même si la turbine 302 ne possède pas de soutirage.

[0107] Lors de l'étape de charge, de la vapeur, notamment l'énergie thermique de la vapeur, est amenée du cycle vapeur 301 vers le dispositif de stockage thermique. Lors de cette étape, de l'eau est évacuée du dispositif de stockage thermique par la connexion fluidique 404. L'eau évacuée est renvoyée vers le cycle vapeur 301.

[0108] Suivant un aspect non illustré, la vapeur sortant de la turbine 302 est prélevée, par exemple au niveau de la connexion fluidique B, par une connexion fluidique pour être stockée dans une cuve tampon. Lorsqu'il est nécessaire de charger l'unité de stockage supplémentaire 400, la vapeur présente dans la cuve tampon 500 est transmise par la connexion fluidique de charge 403, plus précisément la première partie 403a, vers l'échangeur thermique de charge 405. L'échangeur thermique 405 va permettre de produire la vapeur qui est transmise à l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 par la connexion fluidique 403, plus précisément la deuxième partie de la connexion fluidique 403b.

[0109] Suivant l'invention illustrée aux figures 1 à 4, une partie de la vapeur produite dans le cycle vapeur 301 par l'échangeur thermique d'interface 304 est prélevée au profit du dispositif de stockage thermique de l'unité de stockage thermique supplémentaire 400. Préférentiellement, la partie de vapeur prélevée est inférieure à 100 % et préférentiellement inférieure à 50% par exemple de l'ordre de 5 à 30 %. Suivant ce l'invention, la vapeur est prélevée sur le cycle vapeur préférentiellement directement par un soutirage sur la turbine 302. Ce mode de réalisation est possible lorsque la turbine est configurée pour permettre un tel soutirage. Ce mode de réalisation permet d'éviter l'usage d'un échangeur thermique de charge supplémentaire.

[0110] Le procédé selon l'invention comprend une étape de préchauffage et/ou de maintien en température de tout ou partie du cycle vapeur 301 et plus précisément de la turbine 302. Avantageusement, l'étape de préchauffage et/ou le maintien en température se déroule lorsque le module de stockage thermique 200 de la batterie de Carnot ne déstocke pas d'énergie thermique vers le module de production d'électricité. C'est donc quand il n'y a pas de déstockage d'énergie thermique depuis le module de stockage thermique 200 de la batterie Carnot que l'étape de préchauffage et/ou de maintien en température se déroule. Cette étape de préchauffage et/ou de maintien en température permet de déstocker l'énergie thermique sous forme de vapeur du dispositif de stockage thermique de l'unité de stockage thermique supplémentaire 400 au profit du cycle vapeur 301 et notamment de la turbine 302 lorsque celui-ci n'est pas utilisé pour la production d'électricité. La circulation de la vapeur depuis le dispositif de stockage vers le cycle vapeur 301 se fait par la connexion fluidique d'alimentation 401.

[0111] Lors de l'étape de préchauffage et/ou de maintien en température, de l'eau détendue est amenée du cycle vapeur 301 vers le dispositif de stockage thermique par la connexion fluidique 402.

[0112] Selon le troisième mode de réalisation, l'étape de préchauffage et/ou de maintien en température permet d'alimenter en vapeur la turbine 301, la connexion fluidique d'alimentation 401 débouchant en amont de la turbine 302 et préférentiellement en aval de l'échangeur thermique d'interface 304.

[0113] Selon un quatrième mode de réalisation, l'étape de préchauffage et/ou de maintien en température permet d'alimenter en vapeur la turbine 301 et l'échangeur thermique d'interface 304, la connexion fluidique d'alimentation 401 débouchant en amont de la turbine 302 et en amont de l'échangeur thermique d'interface 304.

[0114] Selon l'invention, le procédé comprend une étape de transformation d'électricité en chaleur par le module de transformation d'électricité en chaleur 100. Cette étape de transformation d'électricité en chaleur est réalisée lorsque l'électricité produite notamment par une source intermittente par exemple qui n'est pas utilisée tout de suite ou qui est peu chère, elle est donc transformée sous forme de chaleur.

[0115] Le procédé comprend une étape de stockage de la chaleur produite par le module de transformation d'électricité en chaleur 100. L'étape de stockage de la chaleur est réalisée par le module de stockage thermique 200 en connexion thermique avec le module de transformation d'électricité en chaleur 100. La chaleur produite par le module de transformation d'électricité en chaleur 100 est transmise au module de stockage thermique 200. La chaleur est ensuite stockée telle que décrit ci-dessus en référence au module de stockage thermique 200.

[0116] Le procédé comprend une étape de transformation de la chaleur stockée en électricité. Cette étape de transformation de la chaleur stockée en électricité se déroule lorsque le besoin en électricité se fait sentir. Cette étape de transformation de la chaleur stockée en électricité comprend le déstockage de la chaleur stockée dans le module de stockage thermique 200 au profit du module de transformation de la chaleur stockée en électricité 300 et plus particulièrement de son cycle vapeur 301.

LISTE DES REFERENCES

[0117]

100. Module de transformation d'électricité en chaleur
200. Module de stockage thermique de la chaleur produite

201. Circuit fluidique de sels fondus
202. Réservoir froid
203. Réservoir chaud
204. Première Pompe
205. Deuxième Pompe

2001. Connexion fluidique entre la sortie du réservoir de sel froid 202 et l'entrée de la pompe 204.
2002. Connexion fluidique entre la sortie de la pompe 204 est le module de transformation d'électricité en chaleur 100
2003. Connexion fluidique entre le module de transformation d'électricité en chaleur 100 et l'entrée du réservoir de sel chaud 203.
2004. Connexion fluidique entre la sortie du réservoir de sel chaud 203 et l'entrée de la pompe 205
2005. Connexion fluidique entre la sortie de la pompe 205 est l'entrée de l'échangeur thermique d'interface 304
2006. Connexion fluidique entre la sortie de l'échangeur thermique d'interface 304 et l'entrée du réservoir de sel froid 202.
2006a. Connexion fluidique entre la sortie de l'échangeur thermique d'interface 304 et l'entrée de l'échangeur thermique de charge 405
2006b. Connexion fluidique entre la sortie de l'échangeur thermique de charge 405 et l'entrée du réservoir de sel froid 202.
300. Module de transformation de chaleur en électricité

301. Cycle vapeur
302. Turbine
303. Générateur électrique
304. Échangeur d'interface module de stockage thermique et cycle vapeur
305. Pompe
306. Condenseur

400. Unité de stockage thermique supplémentaire

4001. SST par MCP
4002. Accumulateur de vapeur
4003. Système de Stockage sensible solide
4003a. échangeur air/vapeur

401. Connexion fluidique d'alimentation de la turbine
401d. Dérivation de la connexion fluidique d'alimentation de la turbine
4011. Piquage connexion fluidique d'alimentation
402. Connexion fluidique de retour
402a. Connexion fluidique de retour entre l'accumulateur de vapeur et le SST par MCP
403. Connexion fluidique de charge
403a. Première partie de la connexion fluidique de charge entre le cycle vapeur et l'échangeur d'interface
403b. Deuxième partie de la connexion fluidique de charge entre l'échangeur d'interface et un dispositif de stockage thermique
403d. Dérivation de la connexion fluidique de charge
404. Connexion fluidique d'évacuation
404a. Connexion fluidique d'évacuation entre l'accumulateur de vapeur et le SST par MCP
405. Échangeur thermique de charge
406. Pompe
407. Pompe
A. Connexion fluidique entre la sortie de l'échangeur thermique d'interface 304 et l'entrée de la turbine 302
B. Connexion fluidique entre la sortie de la turbine 302 et l'entrée du condenseur 306
C. Connexion fluidique entre la sortie du condenseur 300 et l'entrée de la pompe 305
D. Connexion fluidique entre la sortie de la pompe 305 et l'entrée de l'échangeur thermique d'interface 304

Revendications

1. Système comprenant une batterie de Carnot comprenant un module de transformation d'électricité en chaleur (100), un module de stockage thermique de la chaleur produite (200) par le module de transformation d'électricité en chaleur (100), et un module de transformation de la chaleur (300), déstockée du module de stockage, en électricité, le module de transformation de la chaleur déstockée (300) du module de stockage en électricité comprenant un cycle vapeur (301) et une turbine (302) agencée sur le cycle vapeur (301) pour détendre la vapeur en vue de la production d'électricité, **Caractérisé en ce que** le système comprend une unité de stockage thermique (400) supplémentaire connectée fluidiquement au cycle vapeur (301) et destinée au stockage de vapeur du cycle vapeur (301) et distincte du module de stockage thermique (200) de la batterie de Carnot, l'unité de stockage thermique (400) supplémentaire comprenant

- au moins un dispositif de stockage thermique,
- une paire de connexions fluidiques de préchauffage comprenant
  - une connexion fluidique d'alimentation (401) de la turbine en vapeur agencée entre

le dispositif de stockage thermique et le cycle vapeur (301) en amont de la turbine (302) permettant d'assurer la connexion fluidique du dispositif de stockage thermique vers le cycle vapeur (301) de sorte à assurer un préchauffage et/ou un maintien en température de tout ou partie du cycle vapeur (301) et préférentiellement au moins de la turbine (302), et

◦ une connexion fluidique de retour (402) agencée entre le cycle vapeur (301) en aval de la turbine (302) et le dispositif de stockage thermique permettant d'assurer la connexion fluidique du cycle vapeur (301) vers le dispositif de stockage thermique de sorte à assurer le retour de la vapeur détendue et/ou d'eau en sortie de turbine (302) vers le dispositif de stockage thermique,

• une paire de connexions fluidiques de charge comprenant

◦ une connexion fluidique de charge (403) agencée entre le cycle vapeur (301), en aval de la turbine (302), et le dispositif de stockage thermique permettant d'assurer la connexion fluidique du cycle vapeur (301) vers le dispositif de stockage thermique de sorte à charger le dispositif de stockage thermique en énergie thermique par la vapeur du cycle vapeur (301), et

◦ une connexion fluidique d'évacuation (404) agencée entre le dispositif de stockage et le cycle vapeur (301) en aval de la turbine (302), de sorte à assurer la circulation d'eau issue du dispositif de stockage vers le cycle vapeur (301).

2. Système selon la revendication 1 comprenant un échangeur thermique de charge (405) agencé sur le module de stockage thermique (200) de la batterie de Carnot et sur la conduite fluidique de charge (403).

3. Système selon la revendication 1 dans lequel la conduite fluidique de charge (403) issue du cycle vapeur (301) connecte fluidiquement directement le cycle vapeur (301) au dispositif de stockage thermique, par soutirage au niveau de la turbine (302).

4. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel la batterie de Carnot comprend un échangeur thermique d'interface (304) agencé entre le module de stockage de la chaleur produite (200) et le cycle vapeur (301) de sorte à assurer le transfert thermique depuis le module de stockage thermique (200) vers le cycle vapeur (301), l'échangeur thermique d'interface (304) étant agencé sur le cycle vapeur (301) en amont de la turbine (302), la connexion d'alimentation (401) de la turbine (301) étant connectée au cycle vapeur (301) en aval de l'échangeur thermique d'interface (304).

5. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 dans lequel la batterie de Carnot comprend un échangeur thermique d'interface (304) agencé entre le module de stockage de la chaleur produite (200) et le cycle vapeur (301) de sorte à assurer le transfert thermique depuis le module de stockage thermique (200) vers le cycle vapeur (301), l'échangeur thermique d'interface (304) étant agencé sur le cycle vapeur (301) en amont de la turbine (302), la connexion d'alimentation (401) de la turbine (301) étant connectée au cycle vapeur (301) en amont de l'échangeur thermique d'interface (304).

6. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le dispositif de stockage thermique comprend un système de stockage thermique (SST) par matériau à changement de phase (MCP).

7. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le dispositif de stockage thermique comprend un accumulateur de vapeur (4002).

8. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le dispositif de stockage thermique comprend un stockage sensible.

9. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes ne comprenant pas de source de chaleur externe autre que la batterie de Carnot pour la production de vapeur dans le cycle vapeur (301).

10. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le cycle vapeur (301) et la turbine (302) font partie d'une centrale à charbon.

11. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le module de stockage thermique (200) de chaleur produite de la batterie de Carnot comprend un circuit fluidique (201) destiné à recevoir au moins un sel fondu et assurant la connexion fluidique entre un réservoir froid (202) destiné à stocker le sel fondu froid, un réservoir chaud (203) destiné à stocker le sel fondu chaud, une pompe (204), le module de transformation de l'électricité en chaleur (100), et un échangeur thermique d'interface (304) au travers duquel circule le cycle vapeur (301).

12. Utilisation du système selon l'une quelconque des

revendications précédentes pour réutiliser un cycle vapeur (301) et une turbine (302) d'une centrale à charbon.

13. Procédé pour le préchauffage et/ou le maintien en température d'une turbine (302) d'un système selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 comprenant Une étape de charge du dispositif de stockage thermique de l'unité de stockage thermique supplémentaire comprenant la circulation de vapeur vers le dispositif de stockage thermique depuis le cycle vapeur (301), et alternativement Une étape de préchauffage et/ou de maintien en température de la turbine (302) comprenant la circulation de vapeur depuis le dispositif de stockage thermique vers le cycle vapeur (301).

14. Procédé selon la revendication précédente comprenant une étape de production d'électricité par la turbine (302), l'étape de charge du dispositif de stockage thermique étant réalisée lors de cette étape de production d'électricité.

15. Procédé selon la revendication précédente dans lequel l'étape de préchauffage et/ou de maintien en température de la turbine (302) est réalisée en alternance avec l'étape de production d'électricité.

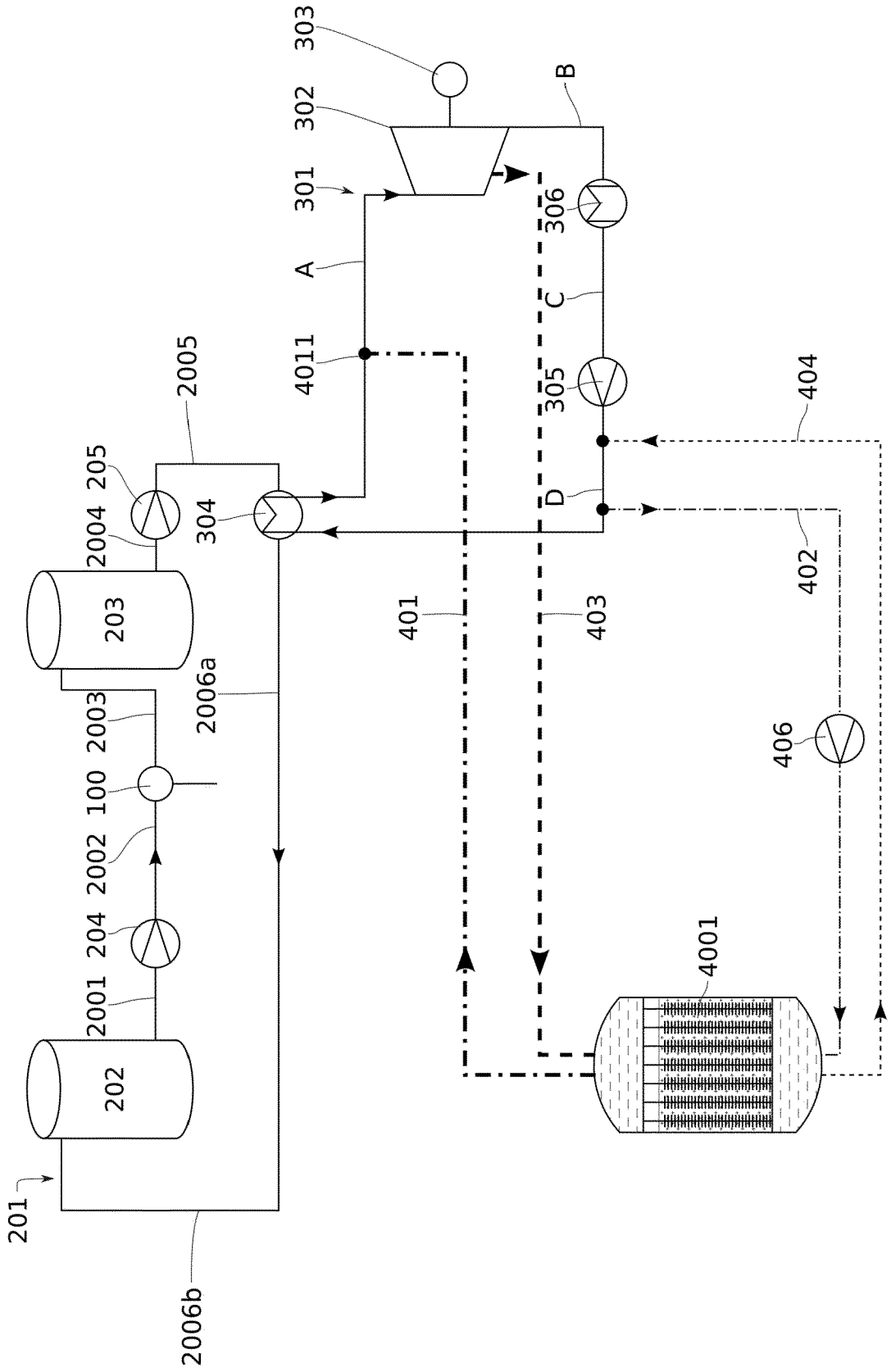

303
302
B
301
306
A
C
4011
2005
305
404
2004
205
304
D
402
401
403
203
2006a
406
2003
100
2002
4001
204
2001
202
201
2006b

FIG. 1

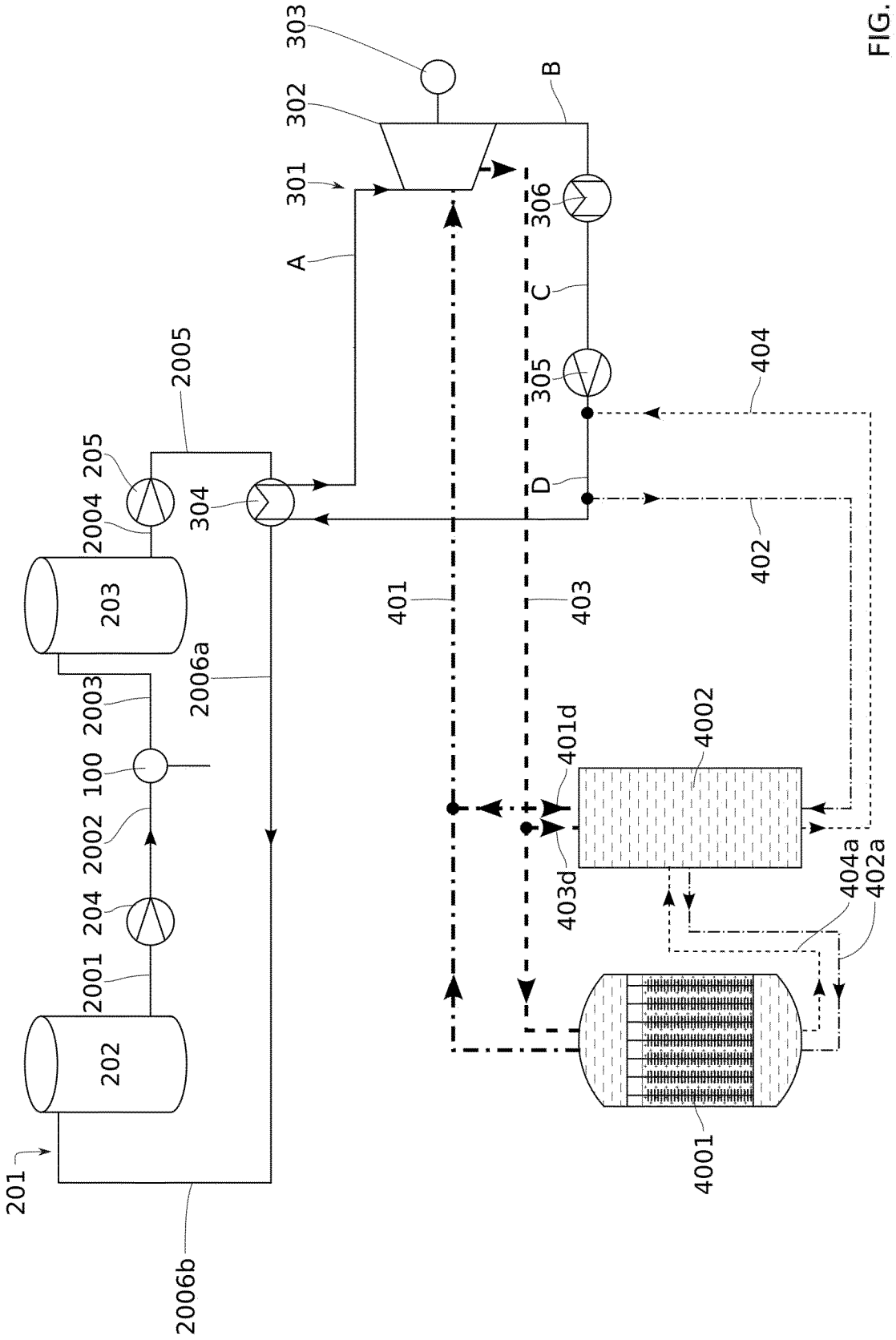
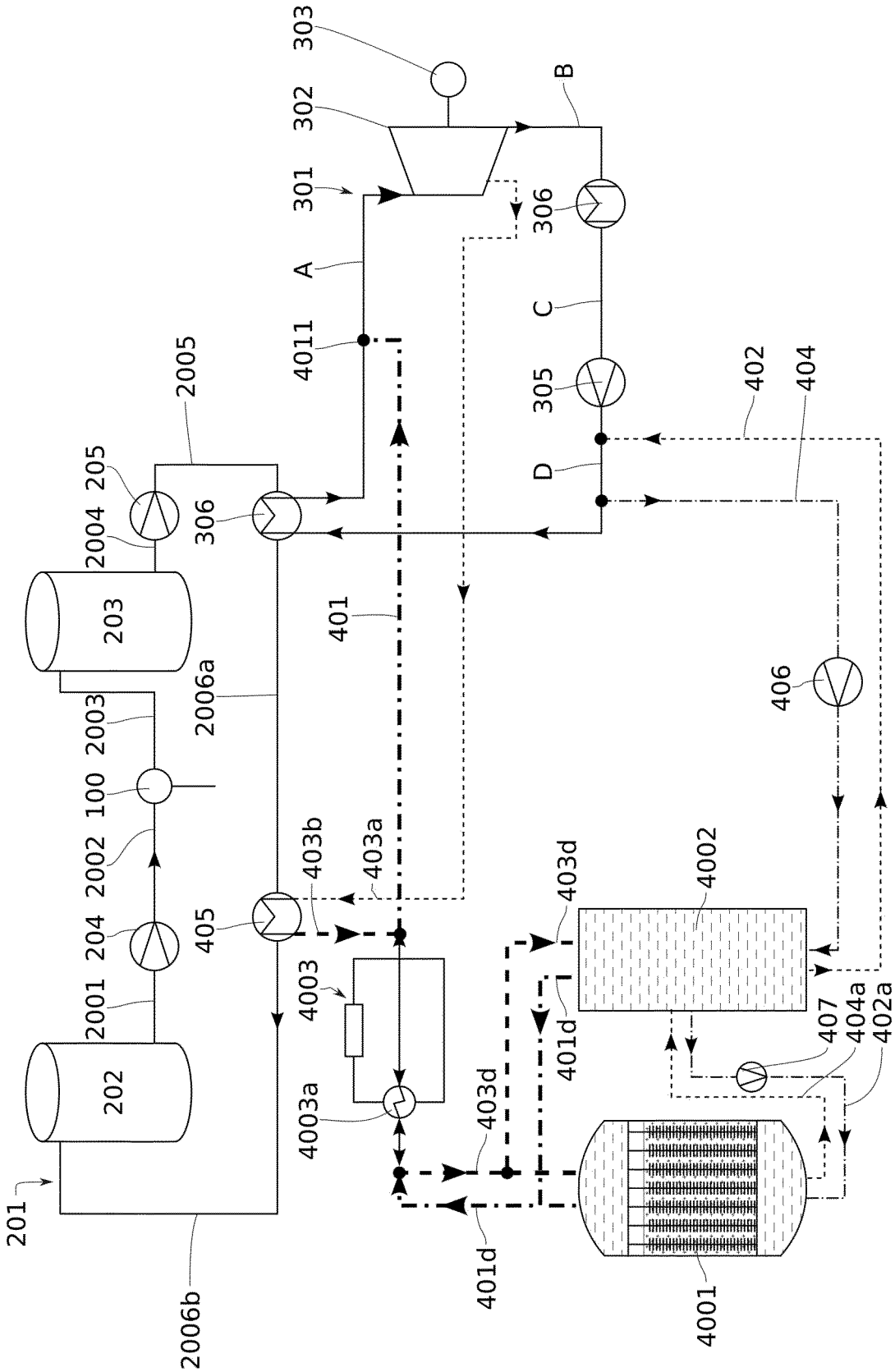

303
302
301
A
B
306
C
305
D
404
402
401
403
2005
205
2004
304
203
2003
2006a
100
2002
204
2001
202
201
2006b
401d
4002
403d
404a
402a
4001

FIG. 2

FIG. 3


303
302
301
A
4011
2005
205
2004
306
203
2006a
2003
100
2002
204
2001
202
201
2006b
B
306
C
305
D
402
404
401
406
403b
403a
405
4003
4003a
403d
401d
4002
407
404a
402a
4001

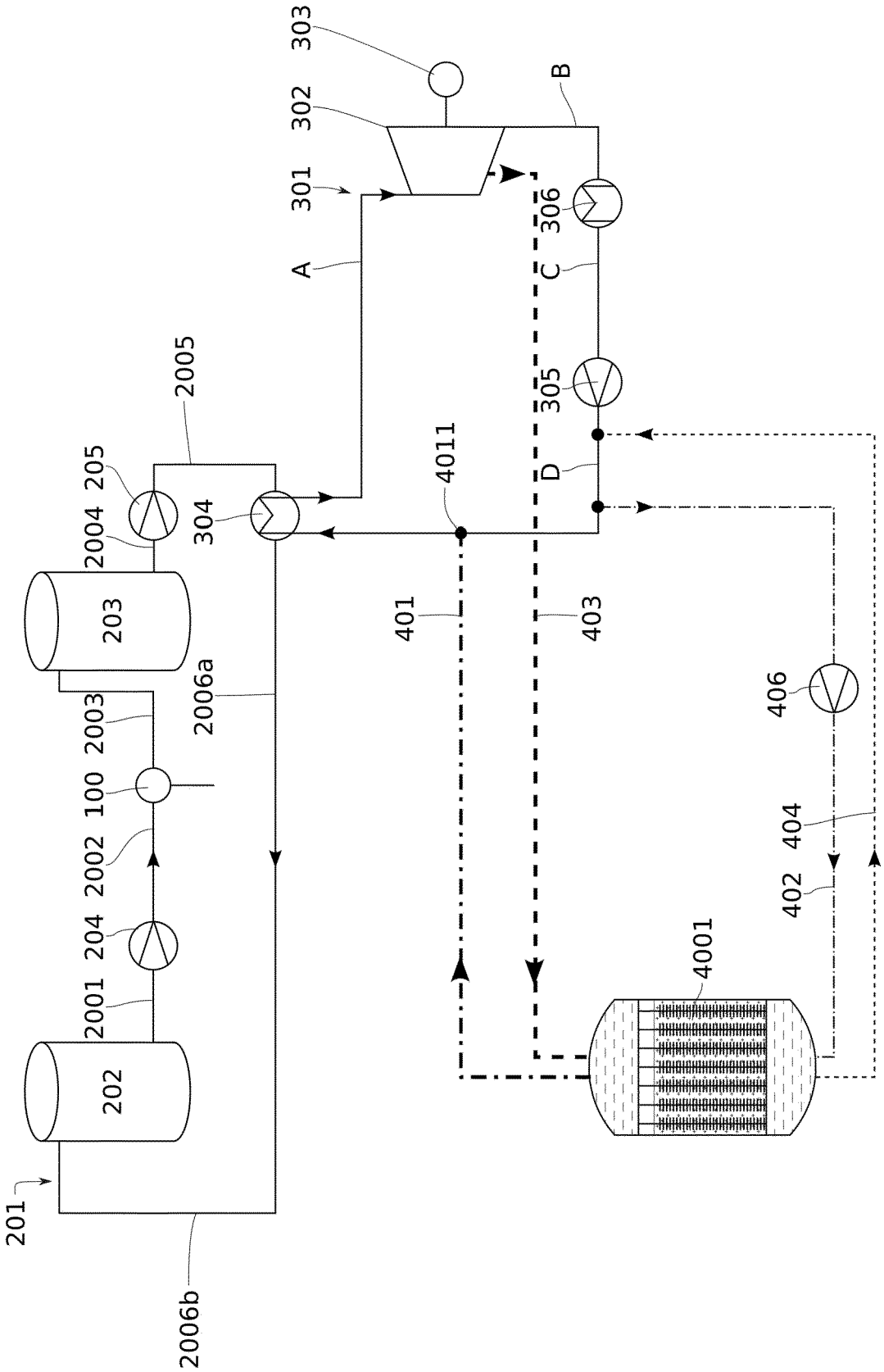

303
302
301
A
B
306
C
305
D
4011
2005
205
2004
304
203
2006a
2003
100
2002
204
2001
202
201
2006b
401
403
406
404
402
4001

FIG. 4

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 24 22 1909

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	CN 203 925 623 U (HUAINAN CHINA SCIENCE ENERGY STORAGE SCIENCE AND TECHNOLOGY CO LTD) 5 novembre 2014 (2014-11-05) * Section "Embodiment"; figure 1 *	1-15	INV. F01K3/12
A	JP 2014 098366 A (MITSUI SHIPBUILDING ENG) 29 mai 2014 (2014-05-29) * figures 1, 2, 4, 5 * * alinéas [0029] - [0053] *	1-15	
A	WO 2023/178872 A1 (XIAN THERMAL POWER RES INST CO [CN]) 28 septembre 2023 (2023-09-28) * alinéas [0034] - [0044]; figure 2 *	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F01K

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
Munich	13 janvier 2025	Varelas, Dimitrios

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
.....
& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO. EP 24 22 1909

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

13-01-2025

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CN 203925623 U	05-11-2014	AUCUN	
JP 2014098366 A	29-05-2014	JP 5461666 B1	02-04-2014
		JP 2014098366 A	29-05-2014
		WO 2014076849 A1	22-05-2014
WO 2023178872 A1	28-09-2023	CN 114592934 A	07-06-2022
		US 2024035396 A1	01-02-2024
		WO 2023178872 A1	28-09-2023

EPO FORM P0460

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