

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION BELGE

(41) Date de publication : 15/07/2019

(21) Numéro de demande : BE2016/5889

(22) Date de dépôt : 30/11/2016

(62) Divisée de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : F01K 23/10, F01K 23/06, F02C 6/18, F23J 15/04, F23L 15/04, F22D 1/02

(30) Données de priorité :

21/12/2015 US 14975920

21/12/2015 EP 15201518.6

(71) Demandeur(s) :

COCKERILL MAINTENANCE & INGENIERIE S.A.
4100, SERAING
Belgique

(72) Inventeur(s) :

BALCZUNAS Nicolas
4000 LIEGE
Belgique

BORGUET Sébastien
4672 SAINT-REMY
Belgique

(54) GENERATEUR DE VAPEUR A RECUPERATION DE CHALEUR À CONDENSATION

(57) Un générateur de vapeur à récupération de chaleur à condensation (CHRSG) comprend une cheminée principale pour un flux principal de gaz chaud d'échappement, une cheminée de dérivation pour permettre à une fraction du gaz chaud d'échappement de contourner le flux principal de gaz chaud d'échappement, et une pompe à chaleur. Le CHRSG comprend un circuit d'eau principal, un circuit d'eau secondaire, et un circuit d'eau tertiaire. Le CHRSG comprend en plus une conduite d'eau d'alimentation, un premier échangeur de chaleur pour réaliser un échange de chaleur entre la conduite d'eau d'alimentation et le circuit d'eau secondaire, et un deuxième échangeur de chaleur pour réaliser un échange de chaleur entre le circuit d'eau principal et le circuit d'eau tertiaire. Dans le CHRSG, la chaleur latente est partiellement récupérée dans le gaz chaud d'échappement circulant dans la cheminée de dérivation par l'intermédiaire du deuxième échangeur de chaleur et de la chaleur supplémentaire est extraite dans le circuit d'eau tertiaire par ladite pompe à chaleur, contribuant à un préchauffage effectué dans un préchauffeur du circuit d'eau principal.

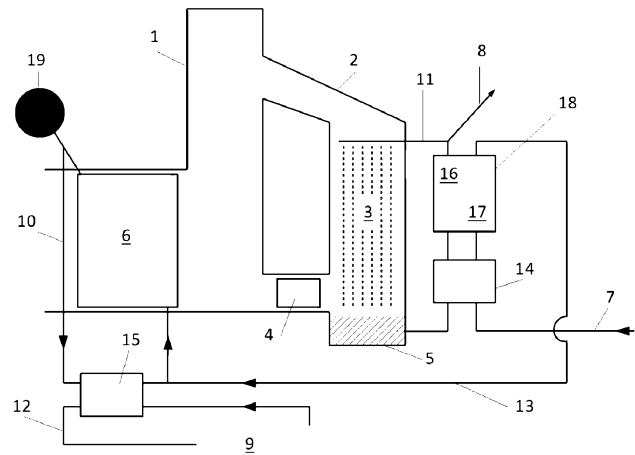


FIG. 6

GENERATEUR DE VAPEUR A RECUPERATION DE CHALEUR À
CONDENSATION

DOMAINE

5 La présente invention concerne le domaine des chaudières, et particulièrement des chaudières du type générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG).

CONTEXTE

10 Il est connu que les générateurs de vapeur à récupération de chaleur (HRSG) permettent de récupérer la chaleur d'un flux d'échappement chaud d'une turbine à gaz pour produire de la vapeur qui peut être utilisée soit dans un processus (cogénération), soit dans un cycle de vapeur
15 (cycle combiné). Les gaz d'échappement sont constitués d'une part non condensable, contenant principalement du N₂, O₂, CO₂ et Ar, et d'une part condensable constituée de vapeur d'eau. Jusqu'ici, dans l'art antérieur, l'idée de condensation des fumées a été rejetée, principalement du
20 fait des problèmes de corrosion.

 Il s'ensuit que les HRSG tels que connus dans l'art antérieur sont confrontés à deux types de limitations dans leur performance thermique. Dans le cas des HRSG fournissant un flux d'eau chaude sous pression pour les applications de
25 cogénération, comme illustré sur la figure 1 et la figure 2, un compromis existe entre la quantité de puissance thermique et la quantité d'électricité générée par la turbine à vapeur (qui est liée directement à la production de vapeur du HRSG). Ce compromis est illustré sur la figure 3 où le point « Art
30 antérieur 1 » concerne l'agencement de HRSG de la figure 1 et le point « Art antérieur 2 » concerne l'agencement de HRSG de la figure 2. D'autre part, la présence de composés du soufre élève considérablement le point de rosée acide des gaz d'échappement. En conséquence, une grande boucle de

recirculation doit être utilisée pour chauffer l'eau d'alimentation au-dessus de ce point de rosée acide. Cela conduit à une approche assez grande, c'est-à-dire la différence entre la température au niveau de la sortie du préchauffeur et la température de saturation de la vapeur à faible pression, comme montré sur la figure 4.

Certains documents de l'art antérieur reposent sur une cheminée secondaire/de dérivation où une récupération de chaleur supplémentaire est effectuée. Dans le document WO 2015/039840 A2, la chaleur supplémentaire récupérée est utilisée pour préchauffer le condensat du cycle de vapeur. Dans le document WO 2010/136795 A2, la chaleur supplémentaire récupérée est utilisée pour préchauffer l'air de combustion de la chaudière. Les deux documents sont cependant spécifiquement orientés vers les chaudières alimentées par de l'air et du combustible fossile (par exemple, du charbon, du pétrole), et ne sont pas concernés par les générateurs de vapeur à récupération de chaleur inclus dans un cycle combiné. Les deux brevets conduisent à l'amélioration du rendement du cycle en réduisant la quantité de combustible nécessaire pour produire une quantité donnée de vapeur dans des conditions prescrites de température et de pression. Le document CN101922821 A présente un procédé pour récupérer simultanément l'eau et la chaleur latente dans le gaz de combustion à haute humidité, et un dispositif de pompe à chaleur à absorption, relatif à la technique des équipements d'économie d'énergie. Cette solution de l'art antérieur est cependant censée fournir des dépôts acides de corrosion.

30 RESUME

La présente invention propose un générateur de vapeur à récupération de chaleur à condensation (CHRSG) qui surmonte les deux types de limitations de performance du HRSG selon l'art antérieur. Spécifiquement, le CHRSG est agencé de

manière à pouvoir faire face de manière efficace et fiable à la condensation de la vapeur d'eau ainsi que des produits acides (par exemple, le H_2SO_4).

Dans un mode de réalisation de l'invention, le CHRSG
5 comprend une cheminée principale pour un flux principal de gaz chaud d'échappement, une cheminée de dérivation pour permettre à une fraction du gaz chaud d'échappement de contourner le flux principal de gaz chaud d'échappement, et une pompe à chaleur. Le CHRSG comprend un circuit d'eau
10 principal qui comprend une boucle de recirculation avec un préchauffeur situé au niveau de l'entrée du flux principal de gaz chaud d'échappement dans la cheminée principale, un circuit d'eau secondaire pourvu d'une application thermique pour un utilisateur final, et un circuit d'eau tertiaire qui
15 comprend une tour de pulvérisation pour fournir une douche d'eau continue en contre-courant avec la fraction du gaz chaud d'échappement circulant dans la cheminée de dérivation, et un évaporateur de la pompe à chaleur. Le CHRSG comprend en plus une conduite d'eau d'alimentation qui
20 reçoit, à une première extrémité, un condensat, et qui est reliée physiquement, à une deuxième extrémité, au circuit d'eau principal, et qui est pourvue d'un condenseur de la pompe à chaleur, d'un premier échangeur de chaleur pour réaliser un échange de chaleur entre la conduite d'eau
25 d'alimentation et le circuit d'eau secondaire, et d'un deuxième échangeur de chaleur pour réaliser un échange de chaleur entre le circuit d'eau principal et le circuit d'eau tertiaire. Dans le CHRSG, un préchauffage effectué dans le préchauffeur du circuit d'eau principal bénéficie de la
30 chaleur latente partiellement récupérée dans le circuit d'eau tertiaire à partir dudit gaz d'échappement chaud circulant dans la cheminée de dérivation à travers le deuxième échangeur de chaleur, et à partir de la chaleur supplémentaire extraite dans le circuit d'eau tertiaire par

ladite pompe à chaleur, et cette chaleur latente et supplémentaire est finalement transportée vers l'application thermique d'utilisateur final dans le circuit d'eau secondaire à travers le premier échangeur de chaleur. Le
5 circuit d'eau principal, le circuit d'eau secondaire et le circuit d'eau tertiaire sont en contact thermique par l'intermédiaire du premier échangeur de chaleur et du deuxième échangeur de chaleur, mais ne sont pas interconnectés fluidiquement.

10

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention va être décrite encore plus en détail ci-dessous sur la base des exemples repris sur les dessins. L'invention n'est pas limitée aux exemples de modes
15 de réalisation. Toutes les caractéristiques décrites et/ou illustrées dans le présent document peuvent être utilisées seules ou combinées en différentes combinaisons dans des modes de réalisation de l'invention. Les caractéristiques et avantages des divers modes de réalisation de la présente
20 invention deviendront évidents à la lecture de la description détaillée qui suit avec référence aux dessins joints qui illustrent ce qui suit :

La figure 1, déjà mentionnée, représente schématiquement un premier agencement de HRSG pour la
25 cogénération selon l'art antérieur.

La figure 2, déjà mentionnée, représente schématiquement un deuxième agencement de HRSG pour la cogénération selon l'art antérieur.

La figure 3, déjà mentionnée, est un diagramme de la
30 production thermique par rapport à celle de l'électricité d'un HRSG utilisé pour la cogénération qui compare les solutions de l'art antérieur avec l'invention.

La figure 4, déjà mentionnée, est un graphe théorique de la température en fonction de la chaleur échangée pour un

générateur de vapeur à niveau de pression unique selon l'art antérieur.

La figure 5 représente schématiquement le principe général d'un HRSG à condensation selon l'invention.

5 La figure 6 représente schématiquement le principe d'un HRSG à condensation selon un premier mode de réalisation de la présente invention.

La figure 7 représente schématiquement le principe d'un HRSG à condensation selon un deuxième mode de réalisation de
10 la présente invention.

La figure 8 représente schématiquement le principe d'un HRSG à condensation selon un troisième mode de réalisation de la présente invention.

La figure 9 représente schématiquement le principe d'un
15 HRSG à condensation selon un quatrième mode de réalisation de la présente invention.

DESCRIPTION DETAILLEE

La présente invention concerne l'amélioration de la
20 performance thermique des HRSG dans les deux cas de cogénération - c'est-à-dire « chaleur » (comprenant le refroidissement) et puissance combinées, ainsi que de génération de puissance uniquement. Par conséquent, la chaleur récupérée dans une cheminée de dérivation pour le
25 flux principal de gaz chaud, au niveau d'une extrémité froide d'un HRSG, à savoir en condensant une partie de la vapeur d'eau contenue dans les fumées, est transférée à l'eau d'alimentation du cycle de vapeur de sorte que cette dernière est élevée à une température au-dessus du point de rosée des
30 fumées au niveau de l'entrée du préchauffeur. Selon l'art antérieur, ce cycle est géré par une boucle de recirculation.

Le cHRSG selon l'invention repousse les limitations susmentionnées en rendant la chaleur transportée par la boucle de recirculation disponible à d'autres fins. Dans le

cas de cogénération, le cHRSG permet d'augmenter à un maximum la production à la fois d'électricité et thermique pour un flux à enthalpie donnée à l'extrémité chaude du HRSG.

Comme montré sur la figure 3, si la consommation
5 électrique des composants auxiliaires du cHRSG est négligée, la puissance électrique du cHRSG correspond à celle de l'art antérieur 2 tout en produisant en même temps une puissance thermique égale à celle de l'art antérieur 1. Le fait d'inclure la consommation électrique des composants
10 auxiliaires réduira légèrement la puissance électrique nette provenant du cycle de vapeur, décalant de ce fait le point représentatif légèrement vers la gauche de la carte.

Dans le cas de problèmes liés au point de rosée acide, la présente invention permet soit de réduire
15 considérablement la taille de la boucle de recirculation, soit même de la retirer. La génération de vapeur (et ainsi la production électrique de la turbine à vapeur) peut par conséquent être augmentée.

La vapeur d'eau présente dans les produits de combustion
20 de la turbine à gaz transporte une quantité assez importante d'énergie qui est actuellement libérée dans l'atmosphère, mais qui pourrait en principe être partiellement récupérée en condensant l'humidité contenue dans les gaz d'échappement. Cette récupération de chaleur complémentaire
25 impliquerait un échange de chaleur latente, c'est-à-dire de la chaleur qui n'est pas transférée par l'intermédiaire d'un changement de température, mais par l'intermédiaire d'un changement de phase du milieu gazeux, dans le présent cas la condensation de la vapeur d'eau contenue dans les gaz
30 d'échappement.

La figure 5 représente schématiquement l'agencement général pour un HRSG selon la présente invention, où l'attention est portée sur le côté froid du HRSG. Par conséquent, le HRSG est complété par une « zone de

condensation » 21, à l'extérieur du carter principal du HRSG et équipée d'un équipement supplémentaire destiné à la récupération de la chaleur latente dans les gaz d'échappement du HRSG, et à la gestion efficiente du flux résultant d'effluent 8. Un « HRSG à condensation » est proposé dans le présent document qui met en œuvre la récupération supplémentaire de la chaleur latente dans les gaz d'échappement par la condensation de ceux-ci. Un HRSG qui permet d'améliorer le coût par rapport à la sortie de puissance est également proposé dans le présent document.

Dans un mode de réalisation de l'invention, la fraction de flux de gaz d'échappement à travers la zone de condensation est pilotée au moyen d'un ventilateur.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la chaleur latente est récupérée au moyen d'un échangeur de chaleur dit à contact direct. Les échangeurs de chaleur à contact direct peuvent comprendre, mais ne sont pas limités à une tour de pulvérisation, une colonne à plateaux en chicanes, et une colonne à garnissage.

Dans certains modes de réalisation de l'invention, une tour de pulvérisation est sélectionnée en tant qu'échangeur de chaleur à contact direct parce qu'elle offre un bon coefficient de transfert de chaleur global, génère une perte de pression modérée du côté du gaz, et est relativement bon marché. La tour de pulvérisation peut être vue comme un système d'arrosage disposé dans la cheminée de dérivation du HRSG réalisant une douche où de l'eau froide est pulvérisée dans un agencement à contre-courant à travers une fraction du flux de gaz d'échappement qui sera refroidie. Les fumées sont alors saturées en humidité, et cette humidité se condensera et libérera l'énergie de vaporisation des fumées. Le mélange des fumées saturées s'échappant de la cheminée de dérivation avec les fumées de la cheminée principale réduit le risque de formation d'un panache/nuage blanc.

Dans d'autres variantes de modes de réalisation de l'invention, des variantes d'échangeurs de chaleur à contact direct sont utilisées au lieu de la tour de pulvérisation.

La figure 6 représente schématiquement un mode de réalisation d'un HRSG à condensation selon la présente invention. Un HRSG agencé horizontalement est composé d'une cheminée principale 1 pour le flux de gaz chaud ainsi que d'une cheminée de dérivation 2 pour permettre à une fraction du flux de gaz d'échappement de contourner le flux principal. Dans ce mode de réalisation particulier, le HRSG à condensation est basé sur un échangeur de chaleur à contact direct.

Trois circuits d'eau fermés sont prévus qui sont séparés physiquement (c'est-à-dire qui ne sont pas interconnectés fluidiquement), mais thermiquement en contact par l'intermédiaire d'échangeurs de chaleur (décrits plus en détail ci-dessous). Le circuit d'eau principal (PWC) est une boucle de recirculation 10 qui comprend le premier échangeur de chaleur du HRSG (ou préchauffeur/économiseur 6), ce dernier étant essentiellement situé au niveau de l'entrée des gaz chauds dans la cheminée principale. Le PWC est relié physiquement à la conduite d'eau d'alimentation 13, et est pourvu du tambour LP 19. La conduite d'eau d'alimentation 13 est reliée au niveau de l'entrée d'eau d'alimentation 7, et est pourvue d'un condenseur de pompe à chaleur 17 (HPC) (décrit plus en détail ci-dessous).

Le circuit d'eau tertiaire (TWC) est une boucle de recirculation 11 qui comprend une tour de pulvérisation 3 pour fournir un flux de douche d'eau en contre-courant avec les fumées d'échappement ascendantes. La tour de pulvérisation 3 est pourvue au niveau de son extrémité inférieure d'un bassin d'eau 5 et d'un évaporateur de pompe à chaleur 16 (HPE) (décrit plus en détail ci-dessous).

Le circuit d'eau tertiaire (TWC) comprend une boucle de recirculation 12 et une application thermique d'utilisateur final 9. La conduite d'eau d'alimentation 13/le PWC 10 et le TWC 11 sont en contact thermique par l'intermédiaire du deuxième échangeur de chaleur 14, tandis que le PWC 10 et le SWC 12 sont en contact thermique par l'intermédiaire du premier échangeur de chaleur 15.

Les circuits d'eau principal, secondaire et tertiaire et la conduite d'eau d'alimentation sont, de manière avantageuse, pourvus d'une première pompe, d'une deuxième pompe, d'une troisième pompe et d'une quatrième pompe respectivement (non montrées). Ces pompes garantissent un niveau de pression approprié dans les circuits correspondants, et compensent les pertes de pression supplémentaires induites par l'équipement complémentaire introduit selon l'invention.

Dans les HRSG de l'art antérieur, le chauffage de l'eau d'alimentation est généralement obtenu au moyen d'une boucle de recirculation placée sur un préchauffeur qui mélange le flux froid externe entrant de condensat, de préférence dans la plage de 20 °C à 50 °C, avec un flux chaud d'eau sous pression réchauffée dans la boucle, de préférence dans la plage de 160 °C à 190 °C, pour produire le niveau de température requis au niveau de l'entrée du HRSG, de préférence dans la plage de 55 °C à 80 °C. Le mode de réalisation de l'invention représenté sur la figure 6 utilise la chaleur latente récupérée décrite ci-dessus pour aider à effectuer ce chauffage de flux de condensat, et en plus pour utiliser/échanger la chaleur transportée dans la boucle de recirculation 10 vers un nombre d'applications thermiques 9 possibles.

Cependant, dans le mode de réalisation représenté sur la figure 6, la chaleur latente peut être récupérée à une température relativement faible. La température de l'eau

dans le bassin 5 de la tour de pulvérisation 3 peut être égale au point de rosée des gaz d'échappement à cet emplacement, c'est-à-dire dans la plage de 40 °C à 50 °C pour les conditions ambiantes types et pour la combustion du gaz naturel. En conséquence, seulement une partie de cette chaleur de basse énergie peut être transférée passivement au flux de condensat au moyen d'un échangeur de chaleur, tel que l'échangeur de chaleur 14, qui est généralement un échangeur à plaques.

10 Dans les divers modes de réalisation de l'invention, les échangeurs de chaleur à plaques sont utilisés afin de tirer profit de leur coefficient de transfert de chaleur élevé, de leur pincement étroit, et de leur volume limité.

Le chauffage supplémentaire du flux de condensat à sa température requise implique de déplacer l'énergie thermique d'un point chaud vers un point plus chaud, ce qui n'a pas lieu naturellement en raison de la deuxième loi de la thermodynamique. Par conséquent, selon un mode de réalisation de l'invention, une pompe à chaleur industrielle 15 18 est utilisée pour effectuer ce transfert de chaleur. La source de chaleur, où la chaleur est capturée par l'évaporateur 16 de la pompe à chaleur (HPE), est le flux d'eau à travers la tour de pulvérisation, tandis que le dissipateur de chaleur, où la chaleur est libérée du condenseur 17 de la pompe à chaleur (HPC), est le flux de condensat. Le dispositif fournissant la puissance électrique nécessaire au fonctionnement de la pompe à chaleur n'est pas montré sur les figures. En variante, la pompe à chaleur industrielle peut être remplacée par n'importe quel système 20 25 connu dans l'art afin de récupérer l'énergie du flux de recirculation d'arrosage, et ainsi de diminuer la température d'entrée de douche.

La chaleur transportée dans la boucle de recirculation 10 (PWC) peut ensuite être utilisée à d'autres fins,

particulièrement pour diverses applications 9 nécessitant une énergie thermique à une température basse à modérée. Afin de ne pas mélanger les flux d'eau de différentes qualités, c'est-à-dire de l'eau traversant le HRSG et de
5 l'eau utilisée dans lesdites applications thermiques 9, la chaleur est transférée à un circuit auxiliaire 12 (SWC) au moyen du premier échangeur de chaleur 15, qui peut également être, par exemple, un échangeur de chaleur à plaques.

Le flux d'eau chaude généré par l'invention pourrait
10 servir, par exemple, pour une application de la liste non exhaustive qui suit d'applications thermiques pour des utilisateurs finaux : une utilisation directe du flux d'eau chaude pour alimenter un réseau de chauffage urbain, une utilisation du flux d'eau chaude dans des machines
15 frigorifiques (les refroidisseurs à absorption et à adsorption sont des machines thermiques à 3 sources qui produisent de l'eau réfrigérée à partir d'eau chaude ou de vapeur), et une utilisation d'eau réfrigérée pour alimenter un réseau de refroidissement urbain, une utilisation du flux
20 d'eau chaude pour produire de l'eau douce à partir d'eau de mer (dessalement de l'eau) par un processus thermique, tel que, par exemple, la distillation à effets multiples (MED).

Dans d'autres modes de réalisation de l'invention, deux ou même les trois applications ci-dessus peuvent être
25 combinées pour réaliser une dite trigénération ou même une polygénération (électricité, chaleur, froid et eau douce).

Dans encore d'autres modes de réalisation de l'invention, la charge thermique de la boucle de recirculation peut être utilisée pour augmenter la
30 production de vapeur du HRSG et ainsi la génération de puissance de la turbine à vapeur.

En fonctionnement dans l'état permanent, un flux d'effluent 8, généré par la condensation partielle des fumées, doit être libéré dans l'environnement afin de

maintenir un niveau constant dans le bassin d'eau de la tour de pulvérisation.

Un contact étroit de l'eau pulvérisée avec les fumées rend l'eau pulvérisée acide. Le CO_2 contenu dans les fumées
5 peut se dissoudre dans l'eau. Selon un mode de réalisation, une unité de traitement de l'eau WTU (non montrée) peut être utilisée pour augmenter le pH de cette eau acidifiée dans une plage de pH de 6,0 à 8,0 avant de libérer l'effluent 8 dans l'environnement. Un traitement possible s'appuie sur
10 des produits alcalins tels que le carbonate de calcium pour neutraliser l'acidification de l'eau.

La figure 7 représente schématiquement encore un autre mode de réalisation d'un HRSG à condensation selon la présente invention. Il diffère du mode de réalisation
15 représenté sur la figure 6 par l'absence d'une pompe à chaleur. Ce mode de réalisation peut être approprié pour les cas où la concentration de vapeur d'eau des fumées est plus élevée (par exemple, un HRSG derrière un cycle de turbine à gaz humide).

20 La figure 8 représente schématiquement encore un autre mode de réalisation d'un HRSG à condensation selon la présente invention. La récupération partielle de la chaleur latente contenue à l'intérieur de la fraction de gaz d'échappement circulant dans la cheminée de dérivation 2 est
25 effectuée par des moyens de contact indirect comprenant une section de la conduite d'eau d'alimentation 13 qui est pourvue d'un échangeur de chaleur à contact indirect 20 situé à l'intérieur de la fraction de gaz d'échappement circulant dans la cheminée de dérivation 2, de sorte que, grâce à la
30 condensation du gaz d'échappement sur une surface de l'échangeur de chaleur à contact indirect 20, la chaleur latente contenue dans le gaz d'échappement soit transférée comme ci-dessus au circuit d'eau principal 10.

La condensation partielle des gaz d'échappement sur la surface extérieure de la zone d'échange de l'échangeur de chaleur à contact indirect génère également un flux d'effluent 8 excédentaire qui doit être libéré dans l'environnement après un traitement approprié comme examiné ci-dessus.

La figure 9 représente schématiquement encore un autre mode de réalisation d'un HRSG à condensation selon l'invention. Par rapport au mode de réalisation représenté sur la figure 8, le générateur de vapeur à récupération de chaleur à condensation comprend en plus une pompe à chaleur. La section de la conduite d'alimentation en eau 13 pourvue d'un échangeur de chaleur à contact indirect 20 situé à l'intérieur de la fraction de gaz d'échappement circulant dans la cheminée de dérivation 2 comprend un évaporateur 16 de la pompe à chaleur 18 et une partie de recirculation de la conduite d'alimentation en eau 13 comprend un condenseur 17 de la pompe à chaleur 18, de sorte que de la chaleur supplémentaire est extraite dans ladite section de la conduite d'alimentation en eau 13 qui est pourvue d'un échangeur de chaleur à contact indirect 20, et transférée au circuit d'eau principal 10 par ladite pompe à chaleur 18. La capacité de transfert d'énergie est de ce fait améliorée parce que la température du condensât entrant dans l'échangeur de chaleur à contact indirect est plus faible.

Les principes exposés dans la présente demande ne sont pas limités aux exemples de modes de réalisation présentés dans le présent document. En particulier, le système peut être mis en œuvre de manière continue ou intermittente conformément à la demande d'énergie, le système peut être adapté à la fois au HRSG vertical et horizontal.

De plus, un mode de réalisation de l'invention fournit un équipement supplémentaire à un HRSG (non à condensation) existant ou de l'art antérieur et peut intégrer, dans les

limites d'une étendue donnée, les caractéristiques suivantes : une production de vapeur prescrite, en termes de pressions, de températures et de débits massiques (la température, la pression et le débit massique de l'eau vers un tambour à faible pression (LP) peuvent être inchangés par rapport à un HRSG de référence), une valeur minimum demandée pour la température d'eau d'alimentation au niveau de l'entrée du HRSG afin d'éviter la condensation sur le premier échangeur de chaleur à tube à ailettes (la température d'eau d'alimentation au niveau de l'entrée du HRSG peut être inchangée par rapport à un HRSG de référence), et un niveau maximum de pertes de pression admissible côté gaz d'échappement pour garantir le fonctionnement correct de la turbine à gaz en amont.

Dans des modes de réalisation supplémentaires, le flux d'effluent 8 traité peut être utilisé de manière avantageuse en tant qu'alimentation en divers points d'un cycle combiné, par exemple eau d'appoint pour le cycle de vapeur, eau d'appoint pour le système de refroidissement, ou injection d'eau là où c'est le plus approprié dans le cycle de turbine à gaz pour les conditions de fonctionnement existantes. Cette dernière utilisation est censée augmenter la teneur en vapeur d'eau des gaz d'échappement provenant de la turbine à gaz. Cela résulterait en un « effet boule de neige » avec une condensation supplémentaire des gaz d'échappement et une récupération de chaleur latente supplémentaire.

Bien que l'invention ait été illustrée et décrite en détail sur les dessins et dans la description qui précède, ces illustrations et description doivent être considérées comme illustratives ou exemplaires et non limitatives. On comprendra que des changements et des modifications peuvent être effectués par des hommes du métier dans l'étendue des revendications jointes. En particulier, la présente invention couvre des modes de réalisation supplémentaires

avec n'importe quelle combinaison de caractéristiques de différents modes de réalisation décrits ci-dessus et ci-dessous.

Les termes utilisés dans les revendications devraient
5 être interprétés comme ayant l'interprétation raisonnable la plus large cohérente avec la description qui précède. Par exemple, l'utilisation de l'article « un » ou « le » pour introduire un élément ne devrait pas être interprétée comme étant exclusive d'une pluralité d'éléments. De même,
10 l'utilisation de « ou » devrait être interprétée comme étant inclusive, par exemple l'utilisation de « A ou B » n'est pas exclusive de « A et B », à moins qu'il soit évident à partir du contexte ou de la description qui précède qu'un seul de A et B soit voulu. En outre, l'utilisation de « au moins
15 l'un de A, B et C » devrait être interprétée comme un ou plusieurs d'un groupe d'éléments consistant en A, B et C, et ne devrait pas être interprétée comme nécessitant au moins l'un de chacun des éléments A, B et C énumérés, indépendamment du fait que A, B et C soient liés en tant que
20 catégories ou autrement. De plus, l'utilisation de « A, B et/ou C » ou de « au moins l'un de A, B ou C » devrait être interprétée comme comprenant n'importe quelle entité singulière des éléments énumérés, par exemple, A, n'importe quel sous-ensemble des éléments énumérés, par exemple, A et
25 B, ou la liste entière d'éléments A, B et C.

SYMBOLES DE REFERENCE

- | | | |
|----|----|--|
| | 1 | HRSG |
| | 2 | Cheminée pour détourner une fraction du flux de gaz d'échappement |
| 5 | 3 | Tour de pulvérisation |
| | 4 | Ventilateur |
| | 5 | Bassin d'eau |
| | 6 | Préchauffeur / économiseur |
| | 7 | Entrée d'eau d'alimentation (condensât provenant |
| 10 | | du cycle de vapeur) |
| | 8 | Sortie d'effluent liquide vers l'environnement ou des applications utiles |
| | 9 | Application thermique d'utilisateur final |
| | 10 | Circuit d'eau principal (boucle de recirculation |
| 15 | | de préchauffeur) ou PWC |
| | 11 | Circuit d'eau tertiaire (boucle de recirculation de tour de pulvérisation) ou TWC |
| | 12 | Circuit d'eau secondaire (boucle de recirculation d'application thermique) ou SWC |
| 20 | 13 | Conduite d'eau d'alimentation (condensât à faible température) |
| | 14 | Deuxième échangeur de chaleur (entre la conduite d'eau d'alimentation et le circuit d'eau tertiaire) |
| | 15 | Premier échangeur de chaleur (entre les circuits |
| 25 | | d'eau principal et secondaire) |
| | 16 | Evaporateur de pompe à chaleur (HPE) |
| | 17 | Condenseur de pompe à chaleur (HPC) |
| | 18 | Pompe à chaleur |
| | 19 | Tambour LP |
| 30 | 20 | Echangeur de chaleur à contact indirect |
| | 21 | Zone de condensation |
| | 22 | Echangeur de chaleur pour la cogénération |

REVENDECATIONS

1. Générateur de vapeur à récupération de chaleur à condensation (CHRSRG) comprenant :

5 - une cheminée principale (1) pour un flux principal de gaz chaud d'échappement ;

 - une cheminée de dérivation (2) pour permettre à une fraction du gaz chaud d'échappement de contourner le flux principal de gaz chaud d'échappement et de circuler dans la
10 cheminée de dérivation (2) ;

 - un circuit d'eau principal (10) comprenant une boucle de recirculation avec un préchauffeur (6), ce dernier étant situé au niveau de l'entrée du flux principal de gaz chaud d'échappement dans la cheminée principale (1), et un circuit
15 d'eau secondaire (12) pourvu d'application(s) thermique(s) finale(s) (9) ;

 - un premier échangeur de chaleur (15) pour réaliser un échange de chaleur entre le circuit d'eau principal (10) et le circuit d'eau secondaire (12), de sorte que le circuit
20 d'eau principal et le circuit d'eau secondaire soient en contact thermique par l'intermédiaire du premier échangeur de chaleur (15), mais ne soient pas interconnectés fluidiquement ;

 - une conduite d'eau d'alimentation (13) qui reçoit, à
25 une première extrémité, un condensat, et reliée physiquement à une deuxième extrémité au circuit d'eau principal (10) ;

 - des moyens pour au moins partiellement récupérer la chaleur latente contenue à l'intérieur de la fraction de gaz d'échappement circulant dans la cheminée de dérivation (2)
30 et pour transférer ladite chaleur latente au circuit d'eau principal (10) ;

 dans lequel les moyens pour au moins partiellement récupérer la chaleur latente contenue à l'intérieur de la fraction de gaz chaud d'échappement circulant dans la

cheminée de dérivation (2) et pour transférer ladite chaleur latente au circuit d'eau principal (10) comprennent une zone de condensation (21) et sont agencés de manière à premièrement contribuer à un préchauffage d'eau effectué dans le préchauffeur (6) du circuit d'eau principal (10), et deuxièmement transférer la chaleur à l'application thermique d'utilisateur final (9) dans le circuit d'eau secondaire (12) par l'intermédiaire du premier échangeur de chaleur (15).

10 2. Générateur de vapeur à récupération de chaleur à condensation selon la revendication 1, dans lequel une condensation acide se produit spécifiquement dans la zone de condensation (21).

15 3. Générateur de vapeur à récupération de chaleur à condensation selon la revendication 1 ou 2, dans lequel les moyens pour au moins partiellement récupérer la chaleur latente contenue à l'intérieur de la fraction de gaz d'échappement circulant dans la cheminée de dérivation (2) et pour transférer ladite chaleur latente au circuit d'eau principal (10) sont des moyens de contact direct comprenant un circuit d'eau tertiaire (11), comportant une tour de pulvérisation (3) pourvue au niveau d'une extrémité inférieure d'un bassin d'eau (5) pour délivrer un flux de douche d'eau échangeant de la chaleur directement et en 20 contre-courant avec la fraction du gaz chaud d'échappement circulant dans la cheminée de dérivation (2), et un deuxième échangeur de chaleur (14) pour réaliser un échange de chaleur entre le circuit d'eau tertiaire (11) et la conduite d'eau d'alimentation (13), et en outre le circuit d'eau principal 30 (10).

4. Générateur de vapeur à récupération de chaleur à condensation selon la revendication 3, comprenant en plus une pompe à chaleur (18), dans lequel le circuit d'eau tertiaire (11) comprend un évaporateur (16) de la pompe à

chaleur (18) et la conduite d'eau d'alimentation (13) comprend un condenseur (17) de la pompe à chaleur (18), de sorte que de la chaleur supplémentaire soit extraite dans le circuit d'eau tertiaire (11) et transférée au circuit d'eau principal (10) par ladite pompe à chaleur (18).

5. Générateur de vapeur à récupération de chaleur à condensation selon la revendication 1 ou 2, dans lequel les moyens pour au moins partiellement récupérer la chaleur latente contenue à l'intérieur de la fraction de gaz d'échappement circulant dans la cheminée de dérivation (2) et pour transférer ladite chaleur latente au circuit d'eau principal (10) sont des moyens de contact indirect comprenant une section de la conduite d'eau d'alimentation (13) qui est pourvue d'un échangeur de chaleur à contact indirect (20) situé à l'intérieur de la fraction de gaz d'échappement circulant dans la cheminée de dérivation (2), de sorte que, grâce à la condensation du gaz d'échappement sur une surface de l'échangeur de chaleur à contact indirect (20), la chaleur latente contenue dans le gaz d'échappement soit transférée au circuit d'eau principal (10).

6. Générateur de vapeur à récupération de chaleur à condensation selon la revendication 5, comprenant en plus une pompe à chaleur (18), dans lequel ladite section de la conduite d'eau d'alimentation (13) qui est pourvue d'un échangeur de chaleur à contact indirect (20) situé à l'intérieur de la fraction de gaz d'échappement circulant dans la cheminée de dérivation (2) comprend un évaporateur (16) de la pompe à chaleur (18) et une partie de recirculation de la conduite d'eau d'alimentation (13) comprend un condenseur (17) de la pompe à chaleur (18), de sorte que de la chaleur supplémentaire soit extraite dans ladite section de la conduite d'eau d'alimentation (13) qui est pourvue d'un échangeur de chaleur à contact indirect

(20) et transférée au circuit d'eau principal (10) par ladite pompe à chaleur (18).

7. Générateur de vapeur à récupération de chaleur à condensation selon les revendications 1 ou 2, dans lequel
5 l'application thermique finale (9) est configurée pour utiliser directement un flux d'eau chaude dans le circuit d'eau secondaire (12) pour alimenter un réseau de chauffage urbain.

8. Générateur de vapeur à récupération de chaleur à
10 condensation selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'application thermique finale (9) est configurée pour utiliser un flux d'eau chaude dans le circuit d'eau secondaire (12) dans des générateurs de froid pour produire de l'eau réfrigérée pour alimenter un réseau de
15 refroidissement urbain.

9. Générateur de vapeur à récupération de chaleur à condensation selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'application thermique finale (9) est configurée pour utiliser un flux d'eau chaude dans le circuit d'eau
20 secondaire (12) pour effectuer le dessalement d'eau.

10. Générateur de vapeur à récupération de chaleur à condensation selon la revendication 1 ou 2, dans lequel au moins deux applications thermiques finale (9) différentes sont combinées de manière à réaliser une polygénération
25 d'énergie.

11. Générateur de vapeur à récupération de chaleur à condensation selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'application thermique finale (9) est remplacée ou complétée par des moyens pour une production de vapeur
30 supplémentaire.

12. Générateur de vapeur à récupération de chaleur à condensation selon la revendication 11, dans lequel l'application thermique finale (9) est combinée à des moyens pour la production de vapeur supplémentaire, de sorte qu'une

séparation spécifique entre ces derniers puisse être décidée en fonction des besoins.

13. Générateur de vapeur à récupération de chaleur à condensation selon la revendication 1 ou 2, dans lequel il
5 comprend des moyens pour libérer un flux d'effluent (8) généré par une condensation partielle du gaz chaud d'échappement vers l'environnement ou vers n'importe quel usage potentiel.

14. Générateur de vapeur à récupération de chaleur à
10 condensation selon la revendication 13, dans lequel il comprend des moyens pour injecter le flux d'effluent (8) là où il convient au mieux dans un cycle de turbine à gaz, de manière à augmenter le niveau d'humidité des gaz d'échappement générés par la turbine à gaz.

15 .

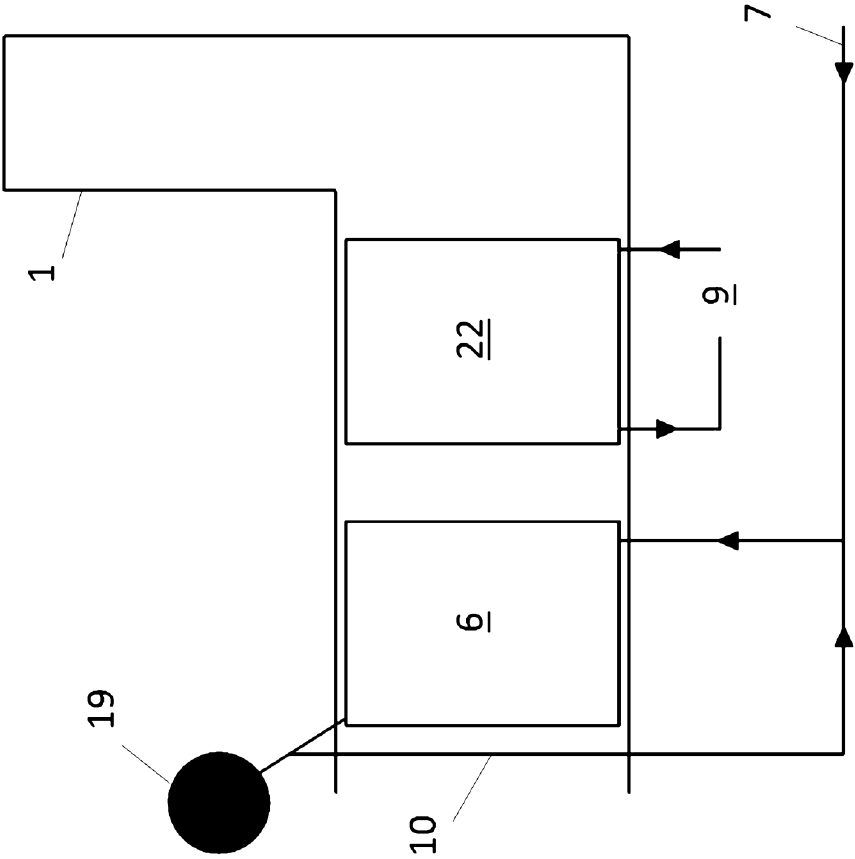


FIG. 1

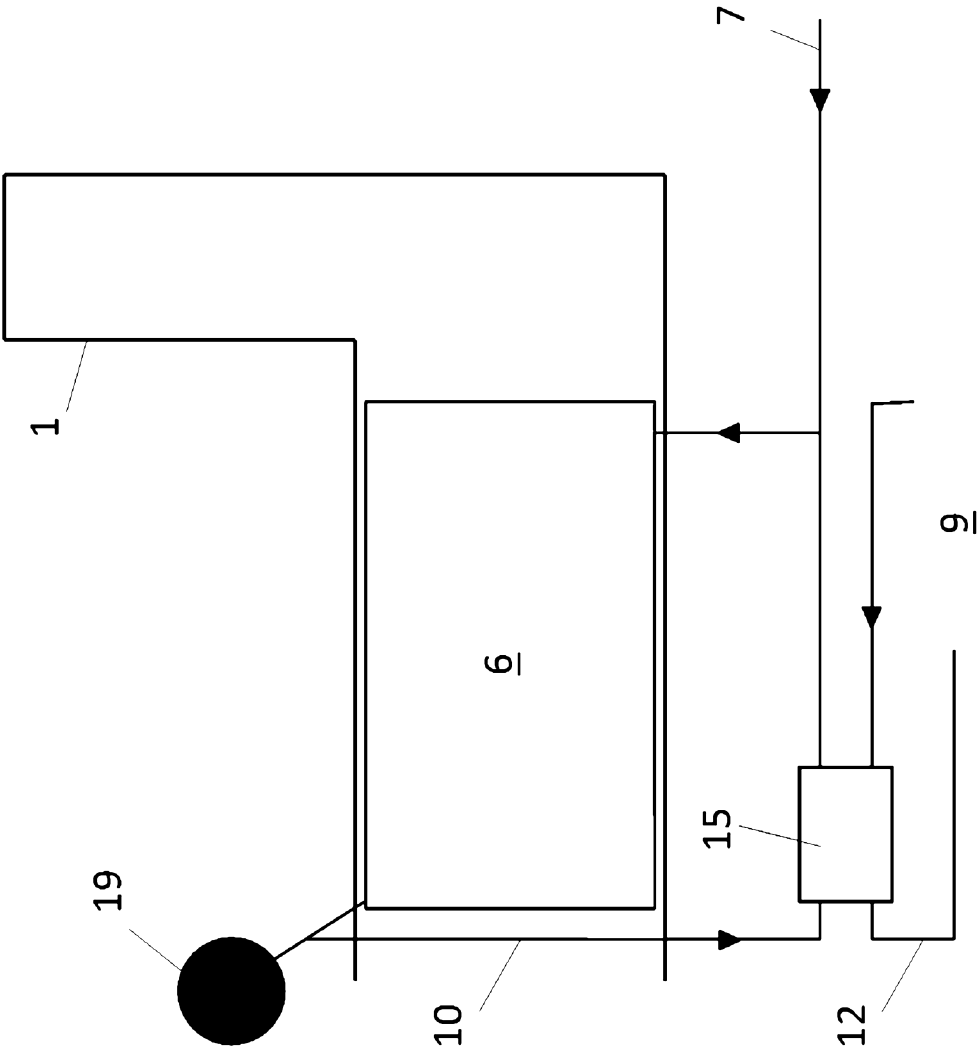
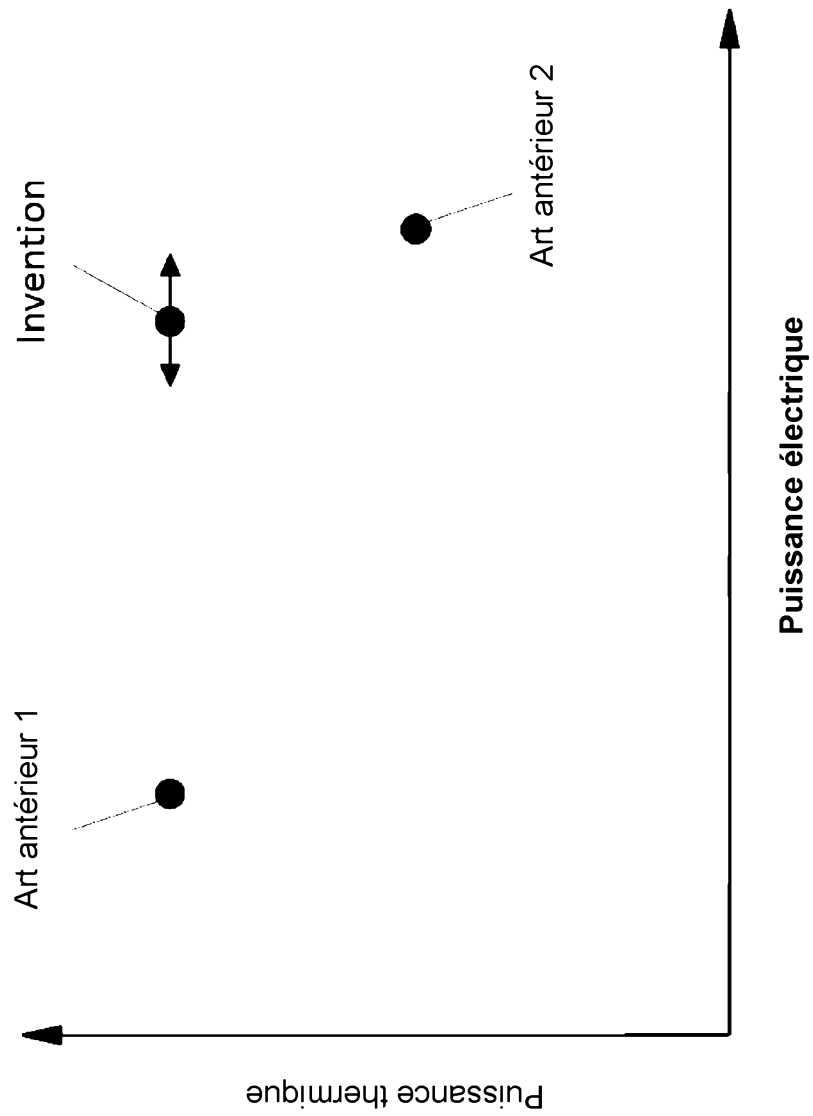


FIG. 2

FIG. 3

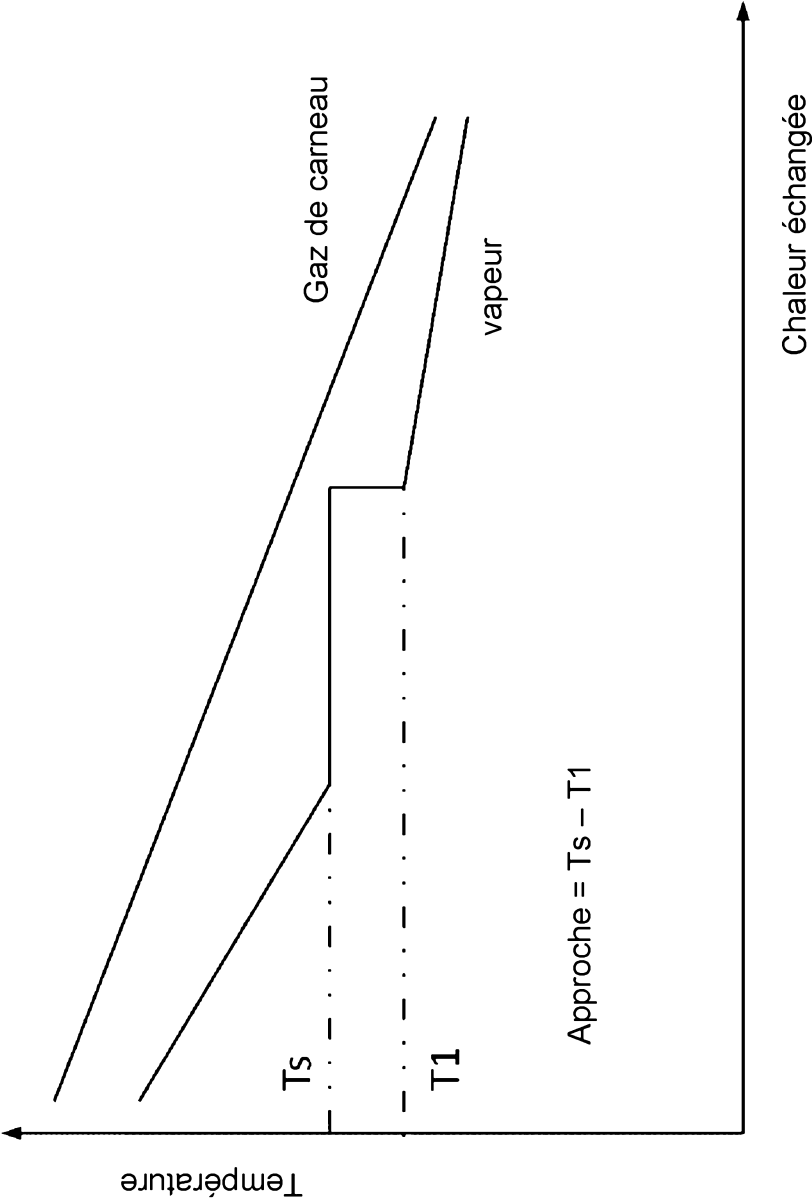


FIG. 4

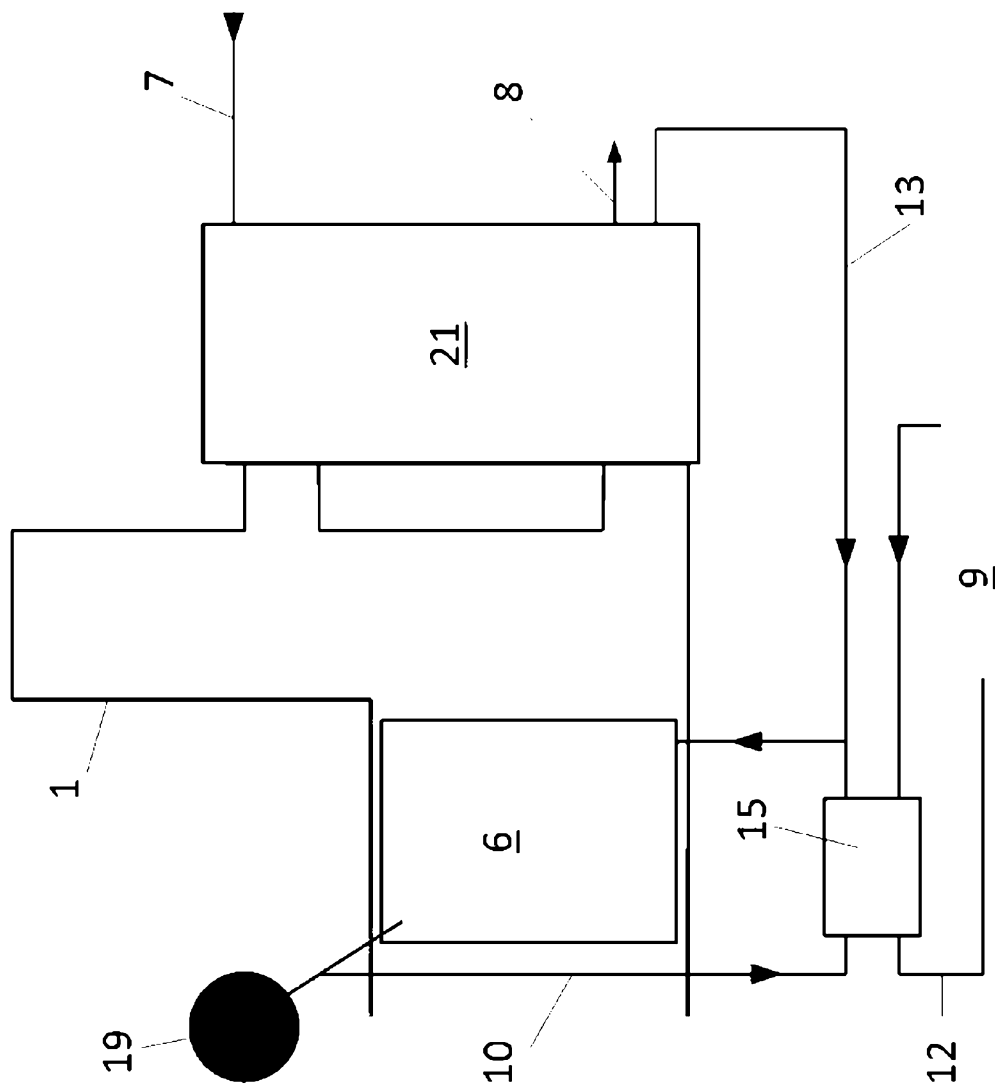


FIG. 5

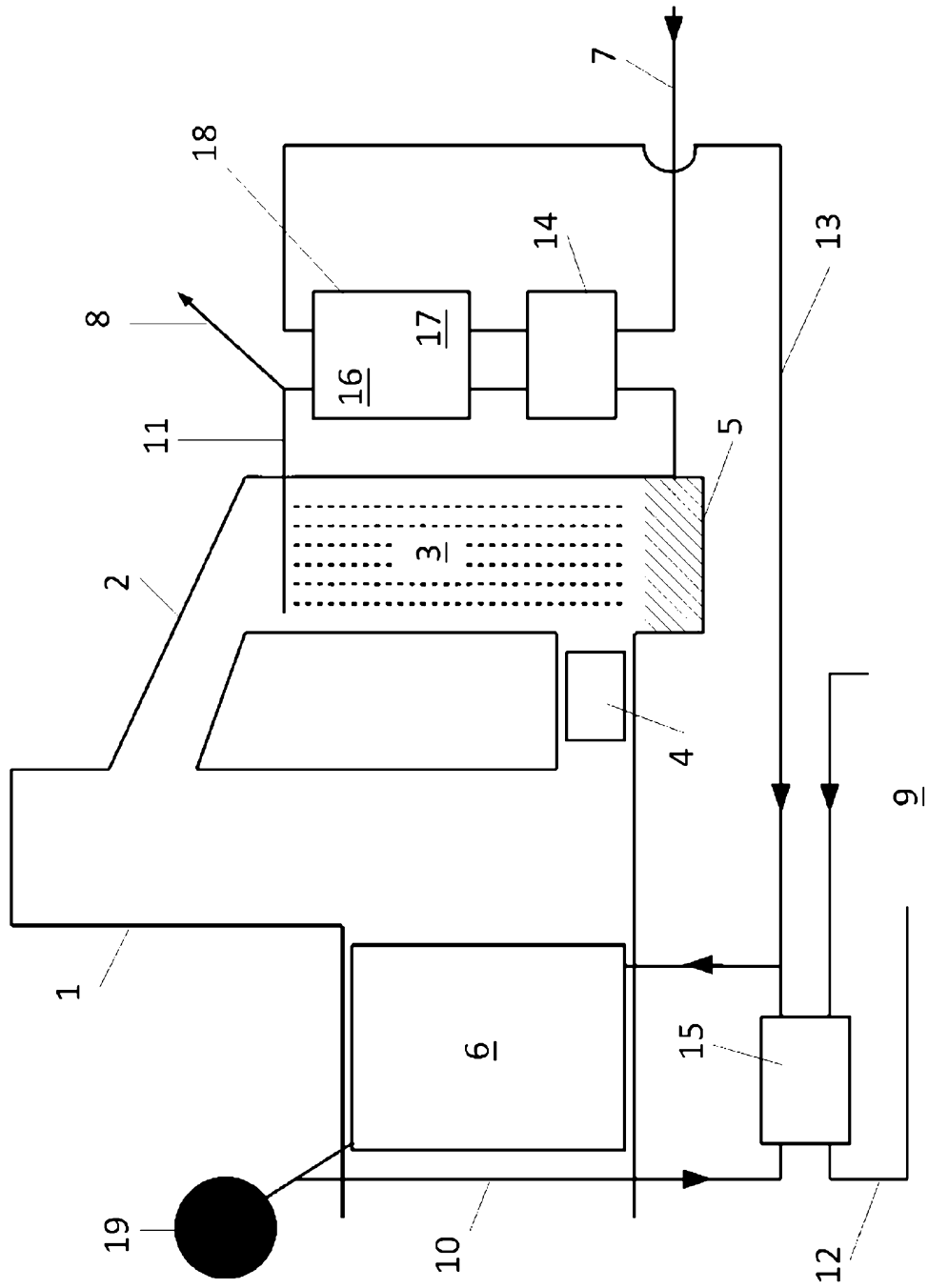


FIG. 6

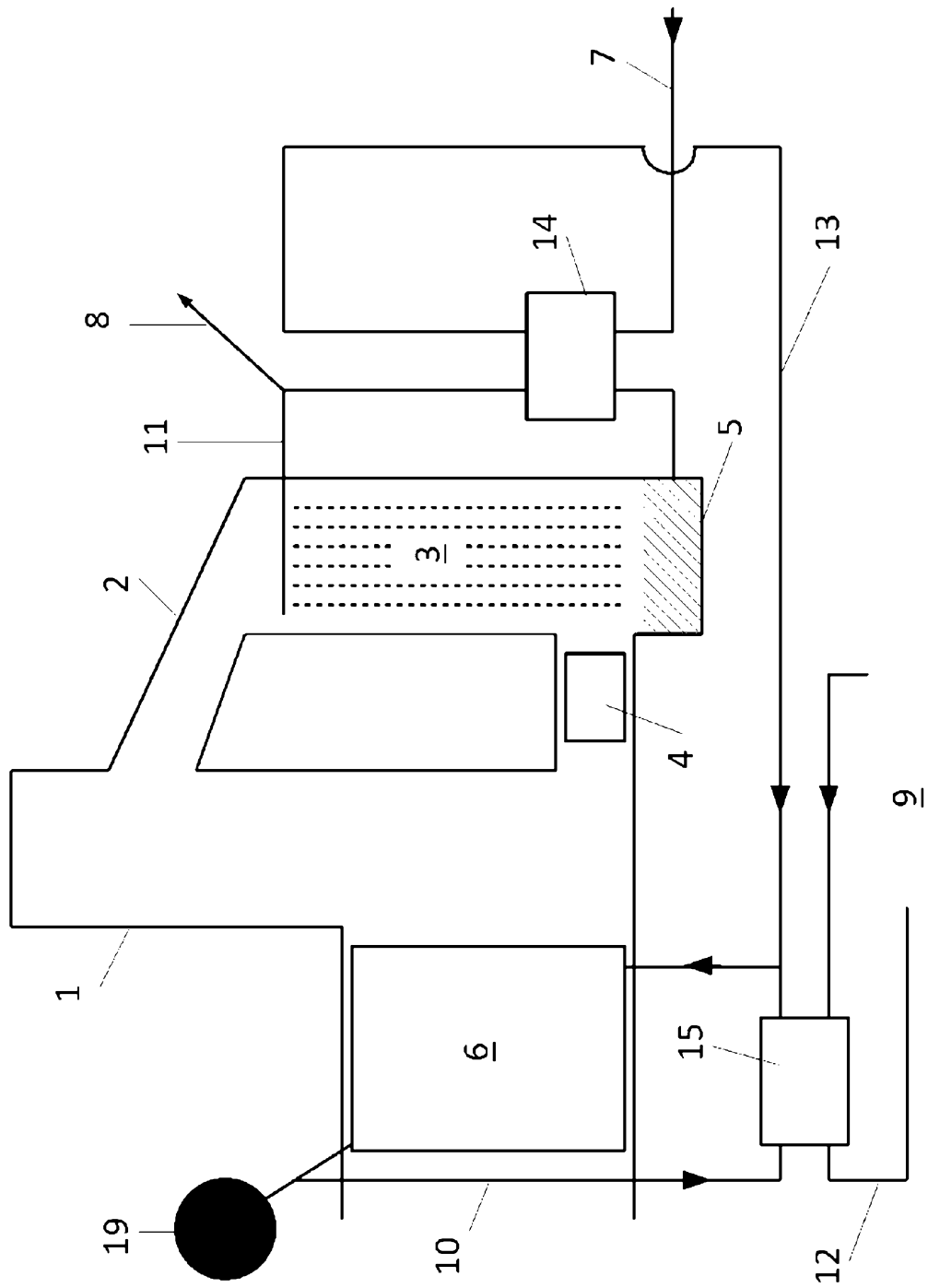


FIG. 7

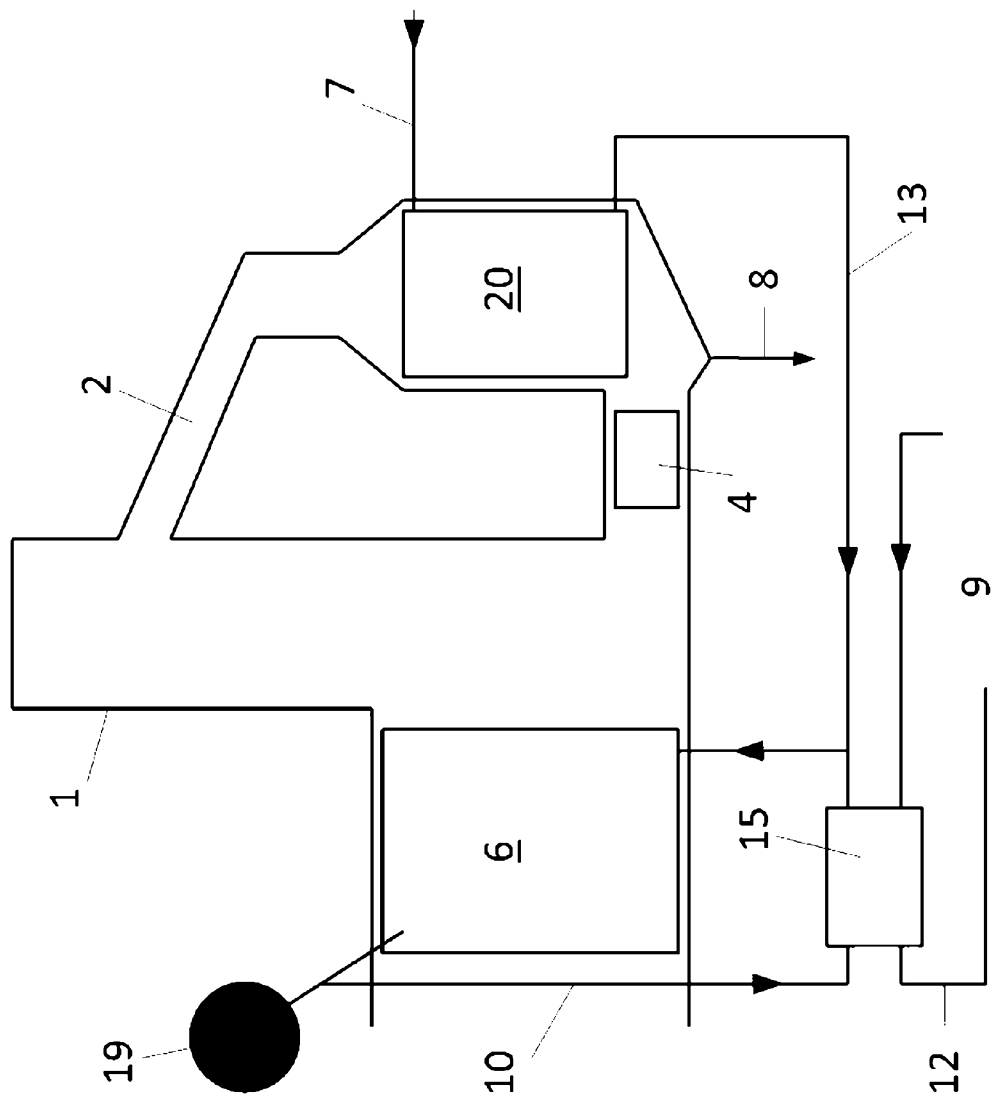


FIG. 8

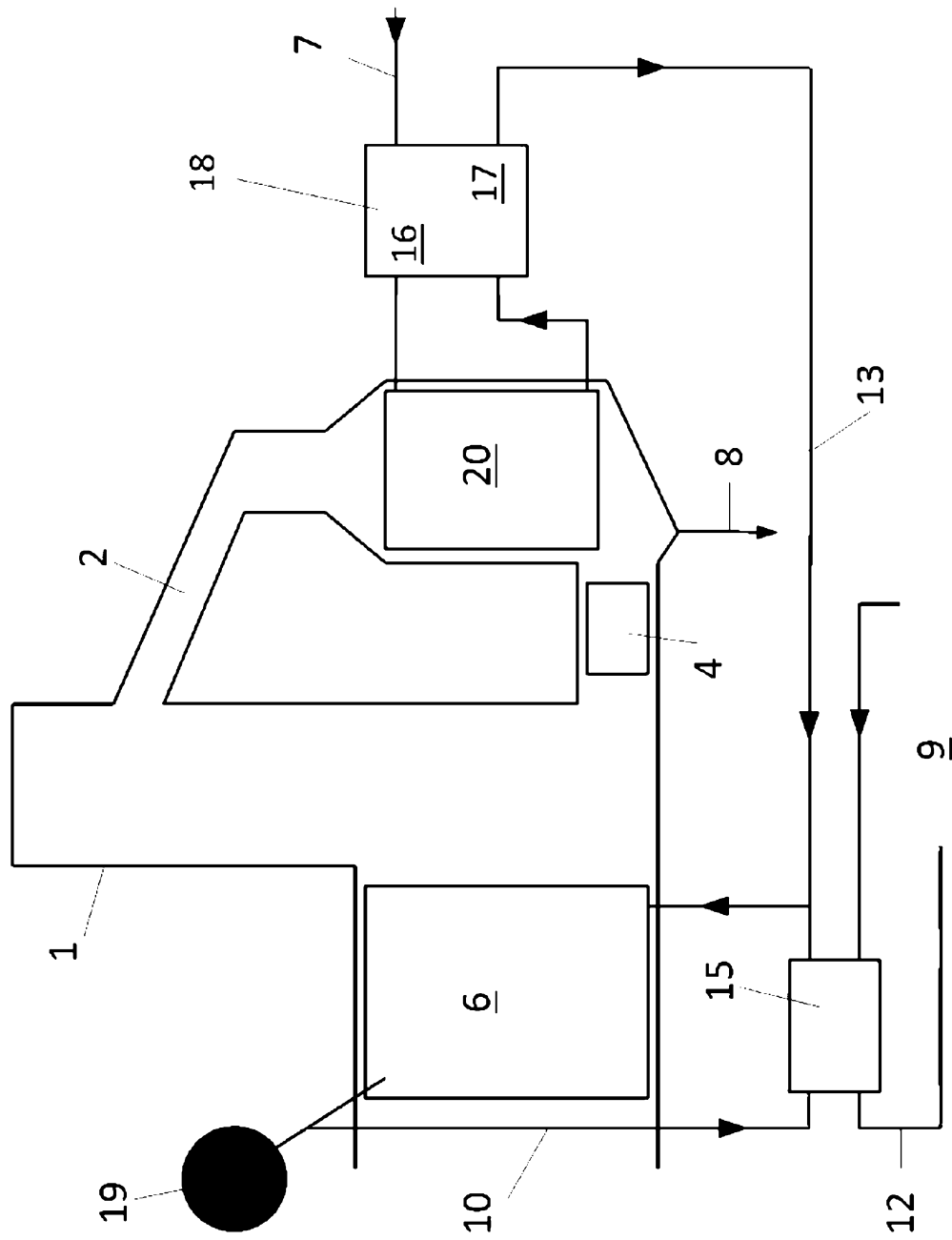


FIG. 9

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	WO 2015/064193 A1 (ECO SUPPORT CO LTD [JP]; KANKYOKIKAKU CO LTD [JP]) 7 mai 2015 (2015-05-07) * figure 1 * -----	1-14	INV. F01K23/10 F01K23/06 F02C6/18 F23J15/04 F23L15/04 F22D1/02
A	EP 2 878 790 A1 (MITSUBISHI HITACHI POWER SYS [JP]) 3 juin 2015 (2015-06-03) * figure 1 * -----	1-14	
A	DE 10 2013 208002 A1 (SIEMENS AG [DE]) 6 novembre 2014 (2014-11-06) * alinéas [0025], [0026]; figures 1,2 * -----	1-14	
A	US 4 660 511 A (ANDERSON J HILBERT [US]) 28 avril 1987 (1987-04-28) * figure 1 * -----	3,4	
A	DE 35 24 882 C1 (SCHWIEGER JOACHIM) 11 septembre 1986 (1986-09-11) * alinéa [0030]; figure 1 * -----	7	
A	WO 2015/088487 A1 (SIEMENS ENERGY INC [US]; MALLINSON THEODORE JAMES [US]; CHANDRAHASAN P) 18 juin 2015 (2015-06-18) * figure 1 * -----	5	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
A	WO 2010/084525 A1 (HITACHI LTD [JP]; KISHIBE TADAHARU [JP]; NAKANO SUSUMU [JP]; SHIRAIWA) 29 juillet 2010 (2010-07-29) * figure 4 * -----	14	F01K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
26 avril 2019		Zerf, Georges	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

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

B0 11750
BE 201605889

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

26-04-2019

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2015064193 A1	07-05-2015	JP 2014169693 A WO 2015064193 A1	18-09-2014 07-05-2015
EP 2878790 A1	03-06-2015	CN 104632408 A EP 2878790 A1 JP 6261956 B2 JP 2015094248 A US 2015128559 A1 US 2017175623 A1	20-05-2015 03-06-2015 17-01-2018 18-05-2015 14-05-2015 22-06-2017
DE 102013208002 A1	06-11-2014	DE 102013208002 A1 EP 2979027 A1 JP 6072356 B2 JP 2016522868 A KR 20160003822 A US 2016069221 A1 WO 2014177372 A1	06-11-2014 03-02-2016 01-02-2017 04-08-2016 11-01-2016 10-03-2016 06-11-2014
US 4660511 A	28-04-1987	AUCUN	
DE 3524882 C1	11-09-1986	AUCUN	
WO 2015088487 A1	18-06-2015	AUCUN	
WO 2010084525 A1	29-07-2010	AUCUN	



OPINION ÉCRITE

Dossier N° BO11750	Date du dépôt(jour/mois/année) 30.11.2016	Date de priorité (jour/mois/année) 21.12.2015	Demande n° BE201605889
Classification internationale des brevets (CIB) INV. F01K23/10 F01K23/06 F02C6/18 F23J15/04 F23L15/04 F22D1/02			
Déposant COCKERILL MAINTENANCE & INGENIERIE S.A.			

La présente opinion contient des indications et les pages correspondantes relatives aux points suivants :

- ☒ Cadre n° I Base de l'opinion
- ☐ Cadre n° II Priorité
- ☐ Cadre n° III Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- ☐ Cadre n° IV Absence d'unité de l'invention
- ☒ Cadre n° V Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- ☐ Cadre n° VI Certains documents cités
- ☒ Cadre n° VII Irrégularités dans la demande
- ☐ Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

	Examineur Zerf, Georges
--	----------------------------

OPINION ÉCRITE

Demande n°
BE201605889

Cadre n° I Base de l'opinion

1. Cette opinion a été établie sur la base des revendications déposées avant le commencement de la recherche.
2. En ce qui concerne **la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande, le cas échéant, cette opinion a été effectuée sur la base des éléments suivants :
 - a. Nature de l'élément:
 - ☐ un listage de la ou des séquences
 - ☐ un ou des tableaux relatifs au listage de la ou des séquences
 - b. Type de support:
 - ☐ sur papier
 - ☐ sous forme électronique
 - c. Moment du dépôt ou de la remise:
 - ☐ contenu(s) dans la demande telle que déposée
 - ☐ déposé(s) avec la demande, sous forme électronique
 - ☐ remis ultérieurement
3. ☐ De plus, lorsque plus d'une version ou d'une copie d'un listage des séquences ou d'un ou plusieurs tableaux y relatifs a été déposée, les déclarations requises selon lesquelles les informations fournies ultérieurement ou au titre de copies supplémentaires sont identiques à celles initialement fournies et ne vont pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée initialement, selon le cas, ont été remises.
4. Commentaires complémentaires :

Cadre n° V Opinion motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui :	Revendications	1-14
	Non :	Revendications	
Activité inventive	Oui :	Revendications	1-14
	Non :	Revendications	
Possibilité d'application industrielle	Oui :	Revendications	1-14
	Non :	Revendications	

2. Citations et explications

voir feuille séparée

Cadre n° VII Irrégularités dans la demande

Les irrégularités suivantes, concernant la forme ou le contenu de la demande, ont été constatées :

voir feuille séparée

Il est fait référence aux documents suivants :

- D1 WO 2015/064193 A1 (ECO SUPPORT CO LTD [JP]; KANKYOKIKAKU CO LTD [JP]) 7 mai 2015 (2015-05-07)
- D2 EP 2 878 790 A1 (MITSUBISHI HITACHI POWER SYS [JP]) 3 juin 2015 (2015-06-03)

Ad point V

Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle ; citations et explications à l'appui de cette déclaration

Revendication indépendante 1:

Document D1, qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, divulgue un

Générateur de vapeur a récupération de chaleur à condensation (cHRSG) comprenant:

- une cheminée principale (19) pour un flux principal de gaz chaud d'échappement;
- une cheminée de dérivation (6) pour permettre à une fraction du gaz chaud d'échappement de contourner le flux principal de gaz chaud d'échappement et de circuler dans la cheminée de dérivation (6);
- un circuit d'eau principal et un circuit d'eau secondaire;
- une conduite d'eau d'alimentation qui reçoit, à une première extrémité, un condensat, et reliée physiquement à une deuxième extrémité au circuit d'eau principal;
- des moyens (17) pour au moins partiellement récupérer la chaleur latente contenue à l'intérieur de la fraction de gaz d'échappement circulant dans la cheminée de dérivation (6) et pour transférer ladite chaleur latente au circuit d'eau principal;

dans lequel les moyens pour au moins partiellement récupérer la chaleur latente contenue à l'intérieur de la fraction de gaz chaud d'échappement circulant dans la cheminée de dérivation (6) et pour transférer ladite chaleur latente au circuit d'eau principal (19) comprennent une zone de condensation (8).

Par conséquent, l'objet de la revendication indépendante 1 diffère de ce générateur de vapeur à récupération de chaleur connu en ce que

- le circuit d'eau principal comprenant une boucle de recirculation avec un préchauffeur, ce dernier étant situé au niveau de l'entrée du flux principal de gaz chaud d'échappement dans la cheminée principale, et le circuit d'eau secondaire pourvu d'application(s) thermique(s) finale(s);
- un premier échangeur de chaleur (15) pour réaliser un échange de chaleur entre le circuit d'eau principal (10) et le circuit d'eau secondaire (12), de sorte que le circuit d'eau principal et le circuit d'eau secondaire soient en contact thermique par l'intermédiaire du premier échangeur de chaleur (15), mais ne soient pas interconnectés fluidiquement;
- les moyens pour au moins partiellement récupérer la chaleur latente sont agencés de manière à premièrement contribuer à un préchauffage d'eau effectué dans le préchauffeur du circuit d'eau principal, et deuxièmement transférer la chaleur à l'application thermique d'utilisateur final dans le circuit d'eau secondaire par l'intermédiaire du premier échangeur de chaleur.

L'objet de la revendication indépendante 1 est donc nouveau.

Le problème que la présente invention se propose de résoudre peut être considéré comme de produire un générateur de vapeur à récupération de chaleur à condensation qui est capable de gérer efficacement et de manière fiable la condensation de la vapeur d'eau ainsi que des produits acides.

La solution à ce problème, proposée dans la revendication indépendante 1 de la présente demande, est considérée comme impliquant une activité inventive.

Faire recirculer de l'eau préchauffée à l'entrée du préchauffeur est connu dans l'art de la technique (voir le document D2, figure 1). Dans l'état actuel de la technique, il n'y a toujours aucune indication pour fournir une application thermique à l'utilisateur final en relation d'échange de chaleur avec l'eau préchauffée recirculée. Pour assurer une telle application thermique à cet endroit du cycle thermique, le cycle doit être équilibré avec le fait de faire face à la condensation des produits acides (l'eau préchauffée recirculée ne doit pas être trop refroidie par l'application thermique, sinon il se produira une condensation de produits acides). En tant que telle, cette combinaison n'est pas considérée comme évidente.

Revendications dépendantes 2 à 14:

Les revendications 2 à 14 dépendent de la revendication 1 et satisfont donc également, en tant que telles, aux exigences de nouveauté et d'activité inventive.

Ad point VII

Certaines irrégularités relevées dans la demande

La revendication indépendante 1 n'est pas présentée en deux parties, alors qu'une telle présentation serait en l'espèce appropriée. Il conviendrait ainsi d'inclure dans le préambule les caractéristiques qui, combinées entre elles, font partie de l'état de la technique, et d'introduire dans la partie caractérisante les caractéristiques restantes.

La description ne mentionne pas l'état de la technique pertinent qui est divulgué dans les documents D1 et D2 et ne cite pas ces documents.