



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
25.05.2022 Bulletin 2022/21

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F22B 35/00 (2006.01) **F22B 37/02** (2006.01)
F22B 37/38 (2006.01) **F22B 37/44** (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **21205016.5**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
F22B 35/00; F22B 37/025; F22B 37/38;
F22B 37/44

(22) Date de dépôt: **27.10.2021**

(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 MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(30) Priorité: **19.11.2020 FR 2011856**

(71) Demandeur: **L'Air Liquide Société Anonyme pour l'Etude et l'Exploitation des Procédés Georges Claude 75007 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:
• **LUONG, Aurélie**
94503 CHAMPIGNY SUR MARNE (FR)
• **PRASAD, Bhadri**
94503 CHAMPIGNY SUR MARNE (FR)

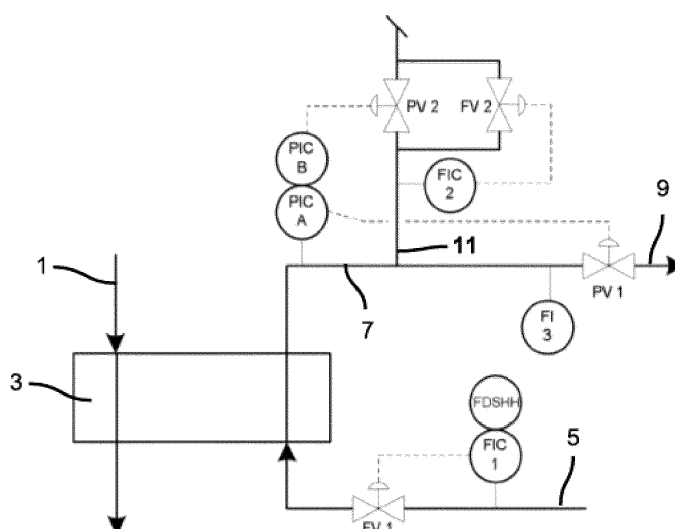
(74) Mandataire: **Air Liquide**
L'Air Liquide S.A.
Direction de la Propriété Intellectuelle
75, Quai d'Orsay
75321 Paris Cedex 07 (FR)

(54) **PROCÉDÉ ET APPAREIL DE VAPORISATION D'UN LIQUIDE**

(57) Dans un procédé de vaporisation d'un liquide (5) dans un échangeur de chaleur (3), un liquide se vaporise dans l'échangeur de chaleur pour former un gaz (7) qui est envoyé à un utilisateur via une première conduite (9) en fonctionnement normal dans lequel si la vitesse de modification du débit de liquide envoyé vers l'échangeur dépasse un seuil, on ferme la première con-

duite et on envoie du fluide, pouvant être du gaz vaporisé dans l'échangeur de chaleur et/ou du liquide non vaporisé dans l'échangeur, à l'atmosphère ou à une torche, à travers une deuxième conduite (11) et une vanne (PV2), l'ouverture de la vanne étant régulée par le débit de fluide mesuré dans la deuxième conduite.

[FIG. 2]



Description

[0001] La présente invention est relative à un procédé de vaporisation d'un liquide, en particulier la vaporisation de méthane ou d'un autre liquide se vaporisant à une température en dessous de 0°C.

[0002] Dans le cas de la vaporisation d'un liquide cryogénique dans un échangeur, si la régulation de la vaporisation n'est pas suffisamment précise, le bout chaud de l'échangeur peut subir une fragilisation due à l'excès de froid, ce qui peut l'endommager.

[0003] Il est un objet de cette invention de réduire le risque de fragilisation en détectant la défaillance du système de régulation et en modifiant le système de régulation pour réduire le risque de fragilisation.

[0004] Selon un objet de l'invention, il est prévu un procédé de vaporisation d'un liquide dans un échangeur de chaleur dans lequel un liquide se vaporise dans l'échangeur de chaleur pour former un gaz qui est envoyé à un utilisateur en fonctionnement normal à travers une première conduite dans lequel, si la vitesse de modification du débit de liquide envoyé vers l'échangeur dépasse un seuil, on ferme la première conduite et on envoie du fluide, pouvant être du gaz vaporisé dans l'échangeur de chaleur et/ou du liquide non vaporisé dans l'échangeur, à l'atmosphère ou à la torche, à travers une deuxième conduite et une vanne, l'ouverture de la vanne étant régulée par le débit de fluide mesuré dans la deuxième conduite.

[0005] Selon d'autres aspects facultatifs :

- si la vitesse de modification du débit de liquide envoyé vers l'échangeur est en dessous d'un seuil
 - i) du liquide vaporisé est envoyé à l'utilisateur et/ou
 - ii) du liquide vaporisé est envoyé à l'atmosphère ou à la torche à travers la conduite et la vanne, l'ouverture de la vanne étant régulée par la pression du gaz vaporisé mesurée en aval de l'échangeur de chaleur.
- si la vitesse de modification du débit de liquide envoyé vers l'échangeur dépasse un seuil, l'ouverture de la vanne n'est pas régulée par la pression du gaz vaporisé mesurée en aval de l'échangeur de chaleur.
- la deuxième conduite est fermée en fonctionnement normal, par exemple en fermant la vanne.

[0006] Selon un autre aspect de l'invention, il est prévu un appareil de vaporisation d'un liquide comprenant un échangeur de chaleur dans lequel un liquide se vaporise pour former un gaz, une première conduite pour envoyer le gaz formé à un utilisateur en fonctionnement normal, une deuxième conduite reliée à l'échangeur de chaleur pour envoyer du gaz vaporisé dans l'échangeur de chaleur et/ou du liquide non vaporisé dans l'échangeur, à l'atmosphère ou à une torche, un détecteur pour détecter

si la vitesse de modification du débit de liquide envoyé vers l'échangeur dépasse un seuil, des premiers moyens de régulation pour réguler l'ouverture d'une vanne dans la deuxième conduite en fonction du débit mesuré dans la deuxième conduite, des deuxième moyens de régulation pour réguler l'ouverture d'une vanne dans la deuxième conduite en fonction de la pression du gaz formé en aval de l'échangeur de chaleur ainsi que des moyens pour permettre de relier la vanne sélectivement aux premiers et aux deuxième moyens de régulation.

[0007] Selon d'autres aspects facultatifs :

- les moyens pour permettre de relier la vanne sélectivement aux premiers et aux deuxième moyens de régulation sont adaptés pour relier la vanne aux premiers ou deuxième moyens de régulation en fonction de la vitesse de changement de débit du liquide rentrant dans l'échangeur.
- l'appareil comprend une vanne auxiliaire reliée en parallèle avec la vanne dans la deuxième conduite.
- l'appareil comprend un débitmètre pour mesurer le débit dans la deuxième conduite et pour ouvrir la vanne auxiliaire en fonction de ce débit.
- l'appareil comprend une vanne pour ouvrir la première conduite et des moyens d'ouvrir cette vanne en fonction de la pression et/ou du débit de gaz vaporisé. L'invention sera décrite de manière plus détaillée en se référant aux figures qui représentent des procédés de vaporisation selon l'invention.

[0008] [FIG.1] illustre un procédé de vaporisation de liquide. Un échangeur de chaleur 3 permet de vaporiser un liquide 5 par échange de chaleur avec un fluide 1 à contre-courant. Le débit du liquide 5 est régulé par la vanne FV1, étant commandé par FIC1. Le liquide 5 peut être du méthane ou n'importe lequel liquide qui se vaporise à une température en dessous de 0°C. Le liquide 5 se vaporise dans l'échangeur 3 pour former le gaz dans la conduite 7.

[0009] La conduite 7 de gaz est reliée aux conduites 9 et 11 qui permettent d'envoyer le gaz à deux endroits différent, vers un utilisateur pour la conduite 9 et vers l'atmosphère ou à une torche pour la conduite 11. La pression dans la conduite 7 9 est régulée par la vanne PV1 commandée par le contrôleur de pression PIC A.

[0010] En cas de mauvais fonctionnement de la vanne FV1 ou débitmètre FI 1, il est possible d'envoyer le gaz vaporisé à l'atmosphère ou à une torche par la conduite 11 en amont de la vanne PV1 qui régule la conduite 9 7. Dans ce cas la vanne PV2 sur la conduite 11 est ouverte par le contrôleur de pression PIC B, dont le point de consigne est un peu plus élevé que celui de PIC A.

[0011] Optionnellement un débitmètre FI 3 mesure le débit de gaz dans la conduite 9 pour savoir combien de gaz est envoyé à l'utilisateur.

[0012] Si le système de régulation est défaillant, un débit de liquide peut arriver au bout chaud de l'échangeur 3 risquant de le fragiliser. Cette arrivée de liquide au bout

chaud peut augmenter la pression au bout chaud de l'échangeur 3 de sorte que les vannes PV1 et PV2 s'ouvrent, ainsi augmentant le risque de fragilisation par excès de froid.

[0013] [FIG. 2] montre une variante de la [FIG. 1].

[0014] Un échangeur de chaleur 3 permet de vaporiser un liquide 5 par échange de chaleur avec un fluide 1 à contre-courant. Le débit du liquide 5 est régulé par la vanne FV1, étant commandé par FIC1. Le liquide 5 peut être du méthane ou n'importe lequel liquide qui se vaporise à une température en dessous de 0°C. Le liquide 5 se vaporise dans l'échangeur 3 pour former le gaz dans la conduite 7.

[0015] La conduite 7 de gaz est reliée aux conduites 9 et 11 qui permettent d'envoyer le gaz à deux endroits différent, vers un utilisateur pour la conduite 9 et vers l'atmosphère ou à la torche pour la conduite 11. La pression dans la conduite 7 est régulée par la vanne PV1 commandée par le contrôleur de pression PIC A.

[0016] En cas de mauvais fonctionnement de la vanne PV1, il est possible d'envoyer le gaz vaporisé à l'atmosphère ou à la torche par la conduite 11 en amont de la vanne PV1 qui régule la conduite 7. Dans ce cas, en fonctionnement normal, la vanne PV2 sur la conduite 11 est ouverte par le contrôleur de pression PIC B, dont le point de consigne est un peu plus élevé que celui de PIC A.

[0017] Optionnellement un débitmètre FI 3 mesure le débit de gaz dans la conduite 9 pour savoir combien de gaz est envoyé à l'utilisateur.

[0018] Si le système de régulation FIC1 est défaillant, la vitesse de modification du débit de liquide 5 augmente au-delà d'un seuil. Cette modification de taux au-delà du seuil est détectée par le détecteur FDSHH qui est relié à la conduite de liquide 5.

[0019] Selon l'invention, si une vitesse de modification du débit 5 est constatée, on ferme la conduite 9 et on règle l'envoi de fluide à l'atmosphère ou à la torche en fonction du débit de fluide dans la conduite 11.

[0020] Une fois cette vitesse de modification particulièrement élevée constatée, le système peut opérer les changements suivants :

- le système de régulation FIC1 est basculé en mode manuel et/ou l'entrée PV du système FIC1 est changé d'une valeur réelle à une moyenne mobile.
- la vanne PV 1 se ferme, de préférence doucement avec une rampe, afin de réduire le débit envoyé à un utilisateur
- la vanne PV 2 n'est plus commandée par le contrôleur de pression PIC B mais par le contrôleur de débit FIC2 relié à la conduite 11, de préférence de sorte que seul le contrôleur de débit FIC 2 pilote la vanne PV 2
- modifie le point de consigne du contrôleur de débit FIC2 pour qu'elle devient celui du contrôleur de débit FIC1, de sorte que le débit passant dans la conduite 11 corresponde à celui de la conduite de liquide 5

[0021] Optionnellement, quand la vanne PV 1 est fermée, son solénoïde si présent est également fermé.

[0022] Si la valeur de FI 3 est utilisée dans les calculs, sa valeur est figée à celle mesurée en dernier et réduite ensuite à 0 pendant la fermeture de la vanne PV1.

[0023] Comme illustré dans la figure, il peut être nécessaire de prévoir une vanne FV 2 en parallèle de la vanne PV 2. Ceci est le cas quand la vanne PV2 serait autrement trop grande pour permettre une régulation fine du débit passant dans l'échangeur 3. La vanne FV 2 est dimensionnée pour laisser passer le débit nominal.

[0024] Dans ce cas, la vanne PV2 est commandée par le contrôleur de pression PIC B en fonction de la pression dans la conduite 7 et la vanne FV 2 est commandée par le contrôleur de débit FIC 2 en fonction du débit dans la conduite 7 ou 11.

[0025] Si la vitesse de modification du débit à un taux au niveau du seuil est détectée par le détecteur FDSHH, dans ce cas, au lieu de commander la vanne PV2 par le FIC2 plutôt que par le PIC B, la vanne PV2 sera fermée et la vanne FV2 sera ouverte par le FIC2, avec un point de consigne de débit correspondant à celui de FIC1.

[0026] Ce principe peut s'appliquer quel que soit le mode de contrôle de la vanne FV1. Dans l'exemple le contrôleur de débit FIC 1 est utilisé mais la vanne sur la conduite 5 peut être également ou en alternative régulée en fonction de la pression ou en fonction d'un niveau. Elle peut être régulée manuellement. La présence d'un débitmètre est toutefois nécessaire afin de détecter le mauvais fonctionnement de la vaporisation en constatant que le débit 5 modifie particulièrement rapidement.

Revendications

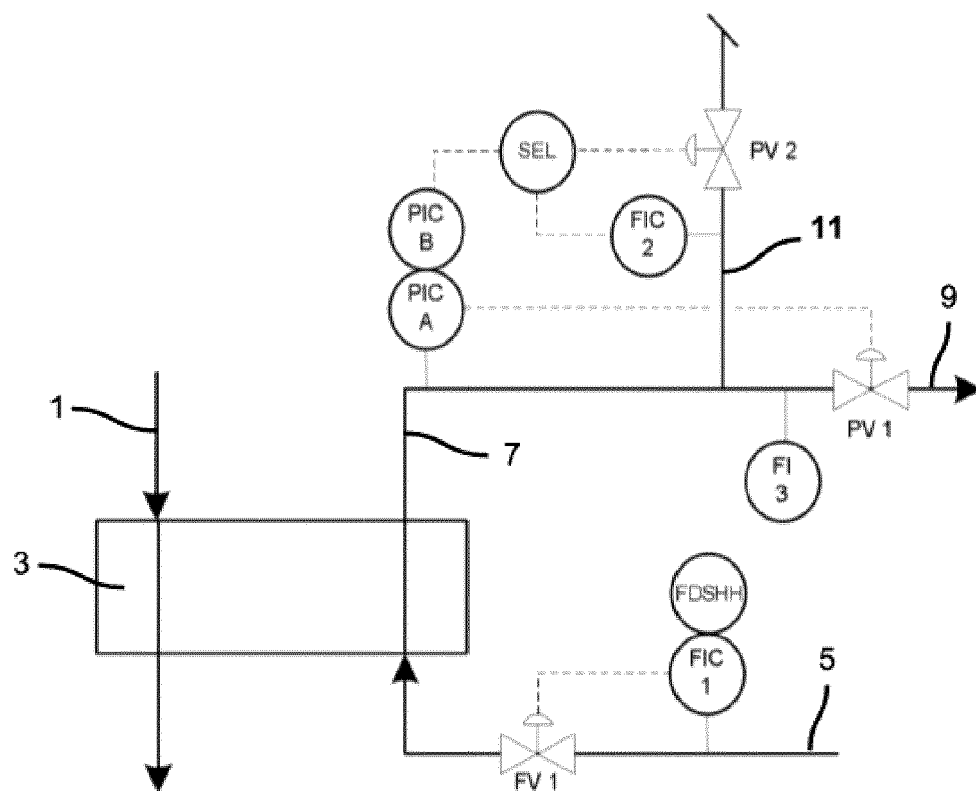
1. Procédé de vaporisation d'un liquide (5) dans un échangeur de chaleur (3) dans lequel un liquide se vaporise dans l'échangeur de chaleur pour former un gaz (7) qui est envoyé à un utilisateur via une première conduite (9) en fonctionnement normal dans lequel si la vitesse de modification du débit de liquide envoyé vers l'échangeur dépasse un seuil, on ferme la première conduite et on envoie du fluide, pouvant être du gaz vaporisé dans l'échangeur de chaleur et/ou du liquide non vaporisé dans l'échangeur, à l'atmosphère ou à une torche, à travers une deuxième conduite (11) et une vanne (PV2), l'ouverture de la vanne étant régulée par le débit de fluide mesuré dans la deuxième conduite.
2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel si la vitesse de modification du débit de liquide envoyé vers l'échangeur (3) est en dessous d'un seuil
 - i) du liquide vaporisé est envoyé à l'utilisateur et/ou
 - ii) du liquide vaporisé est envoyé à l'atmosphère ou à la torche à travers la deuxième conduite

(11) et la vanne (PV2), l'ouverture de la vanne étant régulée par la pression du gaz vaporisé mesurée en aval de l'échangeur de chaleur.

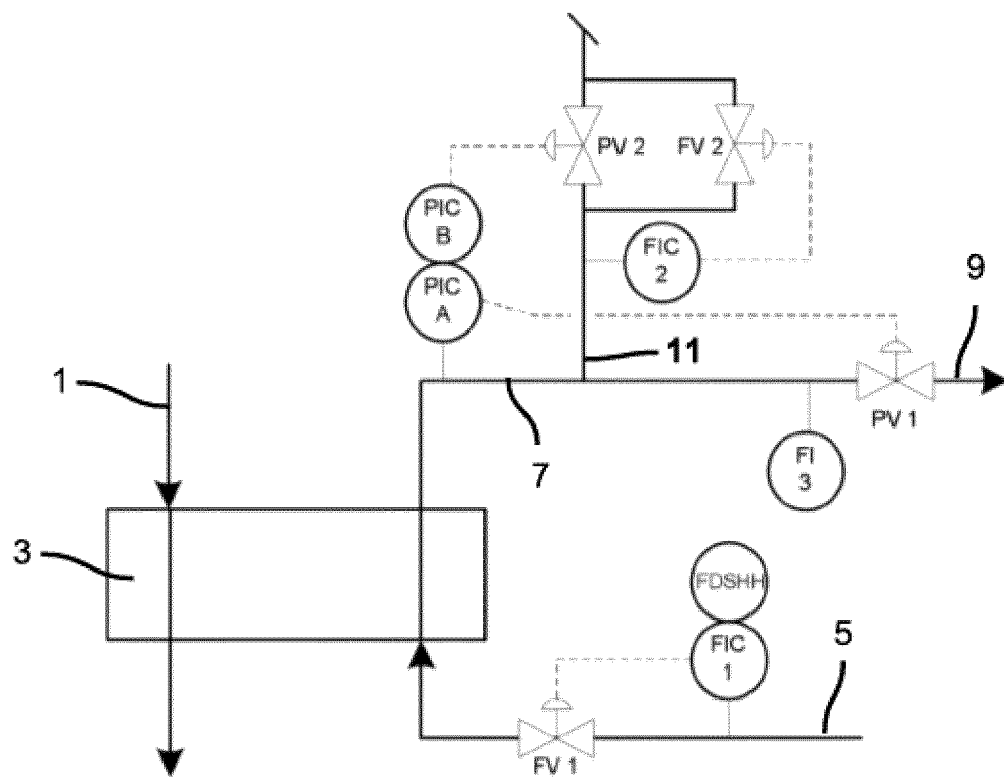
gaz vaporisé.

3. Procédé selon la revendication 1 dans lequel si la vitesse de modification du débit de liquide envoyé vers l'échangeur (3) dépasse un seuil, l'ouverture de la vanne (PV2) n'est pas régulée par la pression du gaz vaporisé mesurée en aval de l'échangeur de chaleur. 5
10
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel la deuxième conduite (11) est fermée en fonctionnement normal. 15
5. Appareil de vaporisation d'un liquide comprenant un échangeur de chaleur (3) dans lequel un liquide se vaporise pour former un gaz, une première conduite (9) pour envoyer le gaz formé à un utilisateur en fonctionnement normal, une deuxième conduite (11) reliée à l'échangeur de chaleur pour envoyer du gaz vaporisé dans l'échangeur de chaleur et/ou du liquide non vaporisé dans l'échangeur, à l'atmosphère ou à une torche, un détecteur (FDSHH) pour détecter si la vitesse de modification du débit de liquide envoyé vers l'échangeur dépasse un seuil, des premiers moyens de régulation (FIC2) pour réguler l'ouverture d'une vanne (PV2) dans la deuxième conduite en fonction du débit mesuré dans la deuxième conduite, des deuxième moyens de régulation (PIC B) pour réguler l'ouverture de la vanne dans la deuxième conduite en fonction de la pression du gaz formé en aval de l'échangeur de chaleur ainsi que des moyens (SEL) pour permettre de relier la vanne sélectivement aux premiers et aux deuxième moyens de régulation. 20
25
30
35
6. Appareil selon la revendication 5 dans lequel les moyens (SEL) pour permettre de relier la vanne sélectivement aux premiers et aux deuxième moyens de régulation (FIC 2, PIC B) sont adaptés pour relier la vanne (PV2) aux premiers ou deuxième moyens de régulation en fonction de la vitesse de changement de débit du liquide rentrant dans l'échangeur. 40
45
7. Appareil selon la revendication 5 ou 6 comprenant une vanne auxiliaire (FV2) reliée en parallèle avec la vanne (PV2) dans la deuxième conduite (11).
8. Appareil selon la revendication 7 comprenant un débitmètre (FIC2) pour mesurer le débit dans la deuxième conduite (11) et pour ouvrir la vanne auxiliaire (FV2) en fonction de ce débit. 50
9. Appareil selon l'une des revendications 5 à 8 comprenant une vanne (PV1) pour ouvrir la première conduite (9) et des moyens (PIC 1) d'ouvrir cette vanne en fonction de la pression et/ou du débit de 55

[FIG. 1]



[FIG. 2]





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 21 20 5016

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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 2017/218322 A1 (BORGWARNER INC [US]) 21 décembre 2017 (2017-12-21) * alinéa [0017] - alinéa [0052]; revendications; figures * * abrégé *	1-9	INV. F22B35/00 F22B37/02 F22B37/38 F22B37/44
A	EP 2 060 752 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 20 mai 2009 (2009-05-20) * alinéa [0030] - alinéa [0042]; revendications; figures * * abrégé *	1-9	
A	WO 2018/211230 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 22 novembre 2018 (2018-11-22) * page 7, ligne 21 - page 11, ligne 33; revendications; figure * * abrégé *	1-9	
A	US 2011/259010 A1 (BRONICKI LUCIEN Y [IL] ET AL) 27 octobre 2011 (2011-10-27) * alinéa [0022] - alinéa [0030]; revendications; figure * * abrégé *	1-9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) F22B
A	DE 10 2012 222082 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 5 juin 2014 (2014-06-05) * alinéa [0017] - alinéa [0045]; revendications; figures * * abrégé *	1-9	
A	WO 2014/009641 A2 (AIR LIQUIDE [FR]) 16 janvier 2014 (2014-01-16) * page 4, ligne 18 - page 9, ligne 16; revendications; figures * * abrégé *	1-9	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 2 avril 2022	Examineur Zerf, Georges
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	

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

EP 21 20 5016

5 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 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.

02-04-2022

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2017218322 A1	21-12-2017	CN 109477402 A	15-03-2019
		DE 112017002575 T5	21-02-2019
		US 2019128147 A1	02-05-2019
		WO 2017218322 A1	21-12-2017
EP 2060752 A1	20-05-2009	AU 2008218143 A1	28-08-2008
		DK 2060752 T3	23-01-2017
		EP 2060752 A1	20-05-2009
		JP 4699401 B2	08-06-2011
		JP 2008202501 A	04-09-2008
		US 2010161136 A1	24-06-2010
		WO 2008102691 A1	28-08-2008
WO 2018211230 A1	22-11-2018	CN 110621973 A	27-12-2019
		CN 110869731 A	06-03-2020
		EP 3625535 A1	25-03-2020
		EP 3625536 A1	25-03-2020
		JP 2020521120 A	16-07-2020
		JP 2020521121 A	16-07-2020
		KR 20200009041 A	29-01-2020
		RU 2019139654 A	07-06-2021
		US 2020191689 A1	18-06-2020
		US 2020209113 A1	02-07-2020
		WO 2018211229 A1	22-11-2018
		WO 2018211230 A1	22-11-2018
US 2011259010 A1	27-10-2011	AU 2011244070 A1	13-12-2012
		CA 2796831 A1	27-10-2011
		EP 2561188 A2	27-02-2013
		US 2011259010 A1	27-10-2011
		WO 2011132047 A2	27-10-2011
DE 102012222082 A1	05-06-2014	AUCUN	
WO 2014009641 A2	16-01-2014	AU 2013288493 A1	05-02-2015
		CA 2876616 A1	16-01-2014
		CN 104428577 A	18-03-2015
		EP 2872818 A2	20-05-2015
		FR 2993343 A1	17-01-2014
		PL 2872818 T3	29-03-2019
		US 2015168025 A1	18-06-2015
		WO 2014009641 A2	16-01-2014

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