



(11) **EP 4 407 266 A3**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

- (88) Date de publication A3:  
**30.10.2024 Bulletin 2024/44**

(43) Date de publication A2:  
**31.07.2024 Bulletin 2024/31**

(21) Numéro de dépôt: **24151848.9**

(22) Date de dépôt: **15.01.2024**
- (51) Classification Internationale des Brevets (IPC):  
**F25J 1/00** <sup>(2006.01)</sup> **F25J 1/02** <sup>(2006.01)</sup>  
**F25B 9/06** <sup>(2006.01)</sup>

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):  
**F25J 1/001; F25J 1/0015; F25J 1/0017;**  
**F25J 1/0035; F25J 1/004; F25J 1/005;**  
**F25J 1/0052; F25J 1/007; F25J 1/0072;**  
**F25J 1/0204; F25J 1/0212; F25J 1/0224;**  
**F25J 1/0236; F25J 1/0244; F25J 1/0264;** (Cont.)

<p>(84) Etats contractants désignés: <b>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</b> Etats d'extension désignés: <b>BA</b> Etats de validation désignés: <b>GE KH MA MD TN</b></p> <p>(30) Priorité: <b>27.01.2023 FR 2300811</b> <b>10.03.2023 FR 2302260</b></p> <p>(71) Demandeur: <b>L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE</b> <b>75007 Paris (FR)</b></p>	<p>(72) Inventeurs: • <b>PAGES, Baptiste</b> <b>94503 Champigny sur Marne (FR)</b> • <b>CARAFA, Antony</b> <b>94503 Champigny sur Marne (FR)</b> • <b>CHAIX, Jean-Baptiste</b> <b>94503 Champigny sur Marne (FR)</b> • <b>GRANADOS, Ludovic</b> <b>94503 Champigny sur Marne (FR)</b> • <b>PRASAD, Bhadri</b> <b>94503 Champigny sur Marne (FR)</b></p> <p>(74) Mandataire: <b>Air Liquide</b> <b>L'Air Liquide S.A.</b> <b>Direction de la Propriété Intellectuelle</b> <b>75, Quai d'Orsay</b> <b>75321 Paris Cedex 07 (FR)</b></p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(54) **PROCÉDÉ ET APPAREIL DE REFROIDISSEMENT D'UN GAZ AU MOYEN D'UN CYCLE DE RÉFRIGÉRATION**

- (57) Dans un procédé de refroidissement d'hydrogène au moyen d'un cycle de réfrigération, un fluide de cycle (4), qui est de l'azote, est refroidi jusqu'à une température inférieure à -100°C, au moins une partie (8-1) du fluide de cycle refroidi est détendue dans une turbine (T1) pour refroidir l'au moins une partie du fluide de cycle en produisant un fluide diphasique (6) à la sortie de la turbine, le fluide diphasique est séparé dans un sépara-
- teur de phase (V1) et au moins une partie du gaz (8) produit dans le séparateur de phase est envoyé à un premier échangeur de chaleur (E1) pour échanger de la chaleur indirectement avec le gaz d'alimentation à refroidir (1) en produisant un gaz d'alimentation refroidi (2) et un gaz de cycle réchauffé (9), qui est comprimé dans un compresseur (C1) et ensuite refroidi en cycle.

**EP 4 407 266 A3**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):  
(Cont.)  
**F25J 1/0268**; F25B 9/002; F25B 9/06;  
F25J 2210/62; F25J 2240/02; F25J 2250/02;  
F25J 2270/904



## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 24 15 1848

## DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
E	EP 4 325 150 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 21 février 2024 (2024-02-21) * alinéas [0002] - [0025]; figures * -----	1, 2, 7-9, 12-14	INV. F25J1/00 F25J1/02 F25B9/06
X	GB 2 142 423 A (MURRAY SMITH DR ERIC) 16 janvier 1985 (1985-01-16)	1-4, 7-9, 11-14	
Y	* figure 3i; tableau 1 * -----	5, 6, 10	
Y	KUENDIG ANDRES ET AL: "Large scale hydrogen liquefaction in combination with LNG re-gasification", 16TH WORLD HYDROGEN ENERGY CONFERENCE 2006, WHEC 2006, vol. 23, 1 juin 2006 (2006-06-01), pages 3326-3333, XP055886984, Extrait de l'Internet: URL:https://www.cder.dz/A2H2/Medias/Downlo ad/Proc%20PDF/posters/[GIV]%20Liquid%20&%2 0gaseous%20storage,%20delidevy,%20safety,% 20RCS/713.pdf> * figure 5 * -----	1-14	
Y,D	JP 2022 164389 A (AIR LIQUIDE) 27 octobre 2022 (2022-10-27) * alinéas [0006], [0007], [0044]; figure 3 * -----	1-14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) F25J F25B
Y	WO 2021/126513 A1 (PRAXAIR TECHNOLOGY INC [US]) 24 juin 2021 (2021-06-24) * alinéas [0033], [0034] * -----	1-14	
Y	WO 2017/024235 A1 (L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCE) 9 février 2017 (2017-02-09) * alinéa [0066]; figure 4 * ----- -/-	10	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>Munich</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>18 septembre 2024</b>	Examineur <b>Göritz, Dirk</b>
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	



## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 24 15 1848

## DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Y	JP S63 271085 A (CHIYODA CHEM ENG CONSTRUCT CO) 8 novembre 1988 (1988-11-08) * figures 3,4 *	1-4,7-9, 11-14	
Y	LEE DONGJUN ET AL: "Integrating hydrogen liquefaction with steam methane reforming and CO2 liquefaction processes using techno-economic perspectives", ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, OXFORD, GB, vol. 245, 16 août 2021 (2021-08-16), XP086763961, ISSN: 0196-8904, DOI: 10.1016/J.ENCONMAN.2021.114620 [extrait le 2021-08-16] * figure 6b *	1-4,7-9, 11-14	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
Lieu de la recherche			Examineur
Munich			Göritz, Dirk
Date d'achèvement de la recherche			
18 septembre 2024			
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

**REVENDEICATIONS DONNANT LIEU AU PAIEMENT DE TAXES**

La présente demande de brevet européen comportait lors de son dépôt les revendications dont le paiement était dû.

☐ Une partie seulement des taxes de revendication ayant été acquittée dans les délais prescrits, le présent rapport de recherche européenne a été établi pour les revendications pour lesquelles aucun paiement n'était dû ainsi que pour celles dont les taxes de revendication ont été acquittées, à savoir les revendication(s):

☐ Aucune taxe de revendication n'ayant été acquittée dans les délais prescrits, le présent rapport de recherche européenne a été établi pour les revendications pour lesquelles aucun paiement n'était dû.

**ABSENCE D'UNITE D'INVENTION**

La division de la recherche estime que la présente demande de brevet européen ne satisfait pas à l'exigence relative à l'unité d'invention et concerne plusieurs inventions ou pluralités d'inventions, à savoir:

voir feuille supplémentaire B

☒ Toutes les nouvelles taxes de recherche ayant été acquittées dans les délais impartis, le présent rapport de recherche européenne a été établi pour toutes les revendications.

☐ Comme toutes les recherches portant sur les revendications qui s'y prêtaient ont pu être effectuées sans effort particulier justifiant une taxe additionnelle, la division de la recherche n'a sollicité le paiement d'aucune taxe de cette nature.

☐ Une partie seulement des nouvelles taxes de recherche ayant été acquittée dans les délais impartis, le présent rapport de recherche européenne a été établi pour les parties qui se rapportent aux inventions pour lesquelles les taxes de recherche ont été acquittées, à savoir les revendications:

☐ Aucune nouvelle taxe de recherche n'ayant été acquittée dans les délais impartis, le présent rapport de recherche européenne a été établi pour les parties de la demande de brevet européen qui se rapportent à l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications, à savoir les revendications:

☐ Le présent rapport supplémentaire de recherche européenne a été établi pour les parties de la demande de brevet européen qui se rapportent à l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications (Règle 164 (1) CBE)



**ABSENCE D'UNITÉ D'INVENTION**  
**FEUILLE SUPPLÉMENTAIRE B**

Numéro de la demande

EP 24 15 1848

La division de la recherche estime que la présente demande de brevet européen ne satisfait pas à l'exigence relative à l'unité d'invention et concerne plusieurs inventions ou pluralités d'inventions, à savoir :

**1. revendications: 5, 6, 10 (complètement); 1-4, 7-9, 11-14 (en partie)**

Procédé de refroidissement d'un gaz d'alimentation qui est de l'hydrogène au moyen d'un cycle de réfrigération dans lequel :

- a) Un fluide de cycle qui est de l'azote est refroidi jusqu'à une température inférieure à -100°C
- b) Au moins une partie du fluide de cycle refroidi est détendue dans une turbine pour refroidir l'au moins une partie du fluide de cycle en produisant un fluide diphasique à la sortie de la turbine
- c) Le fluide diphasique est séparé dans un séparateur de phase
- d) Au moins une partie du gaz produit dans le séparateur de phase est envoyé à un premier échangeur de chaleur pour échanger de la chaleur indirectement avec le gaz d'alimentation à refroidir en produisant un gaz d'alimentation refroidi et un gaz de cycle réchauffé, qui est comprimé dans un compresseur et ensuite refroidi en cycle selon l'étape a) et
- e) Au moins une fraction du liquide du séparateur de phases se vaporise dans un deuxième échangeur de chaleur par échange de chaleur indirect avec le gaz d'alimentation refroidi pour refroidir le gaz d'alimentation encore plus voire de le liquéfier.

---

**2. revendications: 1-4, 7-9, 11-14 (toutes en partie)**

Procédé de refroidissement d'un gaz d'alimentation qui est de l'hydrogène au moyen d'un cycle de réfrigération dans lequel :

- a) Un fluide de cycle qui est de l'azote est refroidi jusqu'à une température inférieure à -100°C
- b) Au moins une partie du fluide de cycle refroidi est détendue dans une turbine pour refroidir l'au moins une partie du fluide de cycle en produisant un fluide diphasique à la sortie de la turbine
- f) le fluide diphasique se réchauffe directement dans un premier échangeur par échange de chaleur avec le gaz d'alimentation à refroidir en produisant un gaz d'alimentation refroidi et un gaz de cycle réchauffé qui est envoyé à un compresseur comme fluide de cycle avant d'être refroidi selon l'étape a).

---

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

EP 24 15 1848

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.

18 - 09 - 2024

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 4325150 A1	21-02-2024	EP 4325150 A1	21-02-2024
		FR 3138939 A1	23-02-2024
		JP 2024027092 A	29-02-2024
		KR 20240024016 A	23-02-2024
GB 2142423 A	16-01-1985	GB 2142423 A	16-01-1985
		US 4530744 A	23-07-1985
JP 2022164389 A	27-10-2022	CN 115218607 A	21-10-2022
		JP 2022164389 A	27-10-2022
WO 2021126513 A1	24-06-2021	EP 4078047 A1	26-10-2022
		US 2022404094 A1	22-12-2022
		WO 2021126513 A1	24-06-2021
WO 2017024235 A1	09-02-2017	US 2017038133 A1	09-02-2017
		US 2017038134 A1	09-02-2017
		US 2017038135 A1	09-02-2017
		US 2017038136 A1	09-02-2017
		WO 2017024235 A1	09-02-2017
JP S63271085 A	08-11-1988	JP H0784979 B2	13-09-1995
		JP S63271085 A	08-11-1988

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