

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**3 120 430**

②1 N° d'enregistrement national : **21 02128**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **F 25 J 1/02 (2020.12)**

⑫

**DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②2 Date de dépôt : 04.03.21.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 09.09.22 Bulletin 22/36.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *ArianeGroup SAS Société par actions simplifiée* — FR.

⑦2 Inventeur(s) : DURI Davide, NOMERANGE Philippe, PENIN Loïc, PALISSAT Géraldine et MABILLE DE LA PAUMELIERE Louis-Vianney.

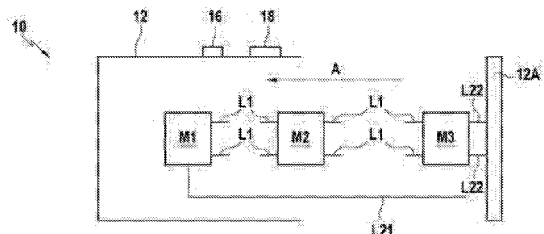
⑦3 Titulaire(s) : *ArianeGroup SAS Société par actions simplifiée*.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

⑤4 Dispositif de liquéfaction de gaz et procédé d'assemblage d'un tel dispositif.

⑤7 Dispositif de liquéfaction de gaz (10) comprenant une enveloppe externe (12), au moins un module amovible (M1, M2, M3) disposé à l'intérieur de l'enveloppe externe (12), le au moins un module amovible (M1, M2, M3) étant configuré pour liquéfier un gaz, l'enveloppe externe (12) comprenant au moins un capot amovible (12A) fermant de manière réversible l'enveloppe externe (12) et configuré pour introduire/extraire le au moins un module amovible (M1, M2, M3) dans/de l'intérieur de l'enveloppe externe (12), l'enveloppe externe (12) équipée de son au moins un capot amovible (12A) délimitant une enceinte close logeant le au moins un module amovible (M1, M2, M3).

Figure pour l'abrégé : Fig. 3.



FR 3 120 430 - A1



## **Description**

### **Titre de l'invention : Dispositif de liquéfaction de gaz et procédé d'assemblage d'un tel dispositif**

#### **Domaine technique**

[0001] Le présent exposé concerne un dispositif de liquéfaction de gaz et un procédé de fabrication d'un tel dispositif. Par exemple, le dispositif peut être configuré pour liquéfier au moins un gaz comprenant au moins un élément parmi H<sub>2</sub>, He, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> et Ne.

#### **Technique antérieure**

[0002] Les dispositifs de liquéfaction de gaz connus sont généralement fabriqués à l'unité, et présentent une structure interne très complexe. Le temps de d'assemblage de tels dispositifs connus est généralement long, de l'ordre de plusieurs mois, et les opérations de maintenance (entretien courant ou réparation) immobilisent généralement le dispositif sur des durées également importantes (un ou plusieurs mois). Il existe donc un besoin en ce sens.

#### **Exposé de l'invention**

[0003] Un mode de réalisation concerne un dispositif de liquéfaction de gaz comprenant une enveloppe externe, au moins un module amovible disposé à l'intérieur de l'enveloppe externe, le au moins un module amovible étant configuré pour liquéfier un gaz, l'enveloppe externe comprenant au moins un capot amovible fermant de manière réversible l'enveloppe externe et configuré pour introduire/extraire le au moins un module amovible dans/de l'intérieur de l'enveloppe externe, l'enveloppe externe équipée de son au moins un capot amovible délimitant une enceinte close logeant le au moins un module amovible.

[0004] Le dispositif de liquéfaction peut comprendre un ou plusieurs modules amovibles. On comprend que l'unique module est configuré pour liquéfier un gaz, ou bien l'ensemble de la pluralité de modules est configuré pour liquéfier un gaz. L'enveloppe externe peut comprendre un ou plusieurs capots amovibles. Par la suite, et sauf indication contraire, par « module » et « capot » on entend « au moins un module amovible » et « au moins un capot amovible ». Par la suite, et sauf indication contraire, par « enveloppe », on entend « enveloppe externe ».

[0005] Le module peut être configuré pour liquéfier un gaz à une température comprise entre 300°K et 4°K et une pression comprise entre 1 bar et 80 bar.

[0006] Par exemple, le module peu comprendre notamment, mais pas exclusivement, un ou plusieurs tuyaux et/ou une ou plusieurs vannes et/ou un ou plusieurs échangeurs de chaleur et/ou un ou plusieurs régénérateurs et/ou un ou plusieurs compresseurs et/ou une ou plusieurs turbines de détente et/ou un ou plusieurs dispositifs de commande et/

ou un ou plusieurs dispositifs de sécurité, etc.

[0007] Le capot étant amovible, on comprend qu'il peut être posé/déposé à volonté du reste de l'enveloppe. Par « fermer de manière réversible » on entend que le capot est configuré pour être retiré pour ouvrir l'enveloppe, par exemple à l'aide d'outils, et sans besoin de détruire une quelconque partie (i.e. sans partie sacrificielle du capot ou de l'enveloppe, autre que des scellés éventuels). Ainsi, le capot peut comprendre tout élément permettant de l'assembler ou le désassembler à volonté du reste de l'enveloppe, par exemple des boulons, verrous, joint d'étanchéité, etc.

[0008] Le module étant amovible, on comprend qu'il forme un ensemble unitaire qui peut être introduit dans ou extrait de l'enceinte de l'enveloppe à volonté. Par exemple, le module peut être structurellement indépendant du reste de l'enveloppe (i.e. toute l'enveloppe à l'exception du capot), et qu'il peut être disposé au sein de l'enveloppe, ou retiré du sein de l'enveloppe, par une simple opération de transfert. Par exemple, le module peut coopérer selon la direction de transfert avec une butée de l'enveloppe, mais pas nécessairement, Par exemple, le module peut être couplé de manière réversible selon la direction de transfert avec l'enveloppe, par exemple à l'aide d'une goupille ou tout autre moyen connu par l'homme du métier, mais pas nécessairement, Par exemple, le module est configuré pour ne présenter aucune interface avec l'extérieur de l'enveloppe traversant la paroi du reste de l'enveloppe. En d'autres termes, les éventuelles interfaces du module peuvent être disposées uniquement sur le capot. Dans le cas où le dispositif comprendrait plusieurs modules, les modules peuvent être indépendants les uns des autres (i.e. indépendants ou reliés de manière réversible, par exemple par des liaisons démontables), ou bien reliés de manière permanente entre eux, par exemple via une tuyauterie soudée reliant deux modules adjacents.

[0009] Grâce à cette structure, le module peut être assemblé à l'extérieur de l'enveloppe, ce qui est plus facile et permet d'être réalisé par plusieurs opérateurs, et ensuite le module peut être introduit au sein de l'enveloppe pour finaliser l'assemblage du dispositif de liquéfaction. Ceci permet un gain de temps substantiel par rapport aux dispositifs connus de l'état de la technique. Par ailleurs, grâce à cette structure, le module peut aisément être retiré de l'enveloppe, ce qui facilite les interventions de maintenance (entretien courant ou réparation), et réduit le temps d'immobilisation du dispositif de liquéfaction par rapport aux dispositifs connus de l'état de la technique.

[0010] Dans certains modes de réalisation, le au moins un module amovible peut être monté sur rail(s) au sein de l'enveloppe extérieure, afin de guider l'introduction/extraction du au moins un module amovible dans/de l'intérieur de l'enveloppe externe.

[0011] On comprend que l'enveloppe peut comprendre un ou plusieurs rails, et que le module est configuré pour coulisser sur le ou les rails, au sein de l'enveloppe. Le ou les

rails peuvent être communs à tous les modules (i.e. tous les modules peuvent être montés sur le ou les mêmes rails).

- [0012] Par exemple, le module peut comprendre un châssis, par exemple une structure en treillis. Le châssis peut être configuré pour limiter les échanges thermiques par conduction entre les différents éléments du module et l'enveloppe. Le châssis peut être configuré pour être monté sur le ou les rails de l'enveloppe. Ceci permet de faciliter la pose/dépose du module au sein de l'enveloppe, et de réduire les temps d'assemblage et de maintenance. Au sens du présent exposé, un module peut être défini comme l'ensemble des éléments portés par un même châssis.
- [0013] Dans certains modes de réalisation, au moins un module amovible peut comprendre au moins une vanne cryogénique à actionneur à froid.
- [0014] Une vanne cryogénique est dite à actionneur à froid lorsqu'elle est complètement intégrées dans l'environnement froid, le corps de vanne et son actionneur fonctionnant à froid, entre 300K et 4K selon le gaz à liquéfier et la position de la vanne au sein du dispositif. Par exemple, lorsque le dispositif est configuré pour liquéfier du H<sub>2</sub> (dihydrogène), les vannes cryogéniques peuvent être configurées pour fonctionner à des températures comprises entre 300K et 20K. En d'autres termes, l'ensemble des éléments de la vanne, et notamment l'actionneur et le corps de vanne, sont configurés pour supporter un environnement froid et peut entièrement être disposé au sein de l'enveloppe, au sein d'un module. Par exemple, une telle vanne peut être une vanne cryogénique à actionneur électrique à froid ou une vanne cryogénique à actionneur pneumatique à froid, par exemple en utilisant de l'hélium comme gaz d'actionnement.
- [0015] Dans certains modes de réalisation, la au moins une vanne cryogénique à actionneur à froid peut être une vanne cryogénique à actionneur électrique à froid.
- [0016] Par exemple toutes les éventuelles vannes cryogéniques de tous les modules sont des vannes cryogéniques à actionneur à froid. Par exemple, toutes les éventuelles vannes cryogéniques de tous les modules sont des vannes cryogéniques à actionneur électrique à froid.
- [0017] De telles vannes, permettent d'éviter des interfaces complexes de commande avec l'extérieur de l'enveloppe, et ne nécessitent qu'une interface simple avec l'extérieur, par exemple électrique. Inversement, dans l'état de la technique des dispositifs de liquéfaction, les vannes cryogéniques sont généralement des vannes à actionneur pneumatique ou hydraulique déporté (i.e. dont l'actionneur ne supporte pas le froid et doit être disposé à l'extérieur de l'enveloppe) et qui nécessitent une interface mécanique et fluide complexe, directe et le plus proche possible avec l'extérieur de l'enveloppe en raison de l'impossibilité de faire fonctionner ces actionneurs pneumatiques ou hydrauliques standards aux plages de températures régnant au sein de l'enveloppe (entre 300K et 4K selon le gaz à liquéfier). Ceci couple structurellement et

thermiquement les vannes cryogéniques des dispositifs de liquéfaction de l'état de la technique avec l'enveloppe. De telles vannes de l'état de la technique ne sont pas amovibles par rapport à l'enveloppe, et imposent des fortes contraintes de positionnement, de routage des circuits fluides, et d'accessibilité lors de l'assemblage ou de la maintenance.

- [0018] Dans certains modes de réalisation, le au moins un capot amovible peut comprendre toutes les interfaces entre le au moins un module amovible et l'extérieur de l'enveloppe externe.
- [0019] Une telle structure permet d'assurer une indépendance structurelle entre le module et le reste de l'enveloppe, et de réduire les temps d'assemblage et de maintenance. Si le capot est unique, il comprend toutes les interfaces entre le module et l'extérieur de l'enveloppe. Si l'enveloppe comprend plusieurs capots, les interfaces peuvent être disposées sur un seul, plusieurs ou tous les capots. Par exemple, l'enveloppe peut comprendre plusieurs capots, un unique capot parmi tous les capots peut présenter toutes les interfaces entre le au moins un module et l'extérieur de l'enveloppe, les autres capots ne comprenant aucune interface entre le au moins un module et l'extérieur de l'enveloppe. Ceci permet d'encore améliorer l'indépendance structurelle du module par rapport à l'enveloppe.
- [0020] Dans certains modes de réalisation, au moins un capot amovible peut être solidaire d'un module amovible.
- [0021] Si le dispositif ne comprend qu'un seul capot, l'unique capot peut être solidaire d'un des modules ou de l'unique module. Si le dispositif comprend plusieurs capots, un seul, plusieurs ou tous les capots peuvent être solidaires chacun d'un module (unique ou distincts). Par exemple Il peut y avoir deux capots et deux modules (ou plus), chacun des deux capots étant solidaire d'un module distinct.
- [0022] Une telle structure facilite la pose/dépose de l'ensemble comprenant le capot et le module dont il est solidaire. Par exemple, le capot solidaire d'un module peut comprendre toutes les interfaces entre l'unique ou l'ensemble des modules et l'extérieur de l'enveloppe. Ceci facilite encore la pose/dépose de l'ensemble et permet de réduire les temps d'assemblage et de maintenance.
- [0023] Dans certains modes de réalisation, l'enveloppe externe peut être un cylindre de section circulaire et s'étendant selon un axe, l'enveloppe externe comprenant un unique capot amovible format une extrémité axiale de l'enveloppe externe ou bien deux capots amovibles formant chacun une extrémité axiale opposée de l'enveloppe externe.
- [0024] En d'autres termes, au moins une des deux extrémités axiales du cylindre formées par l'enveloppe sont des capots amovibles. Ceci permet de faciliter les accès au sein de l'enveloppe, et de réduire les temps de maintenance.

- [0025] Dans certains modes de réalisation, le dispositif de liquéfaction peut comprendre (strictement) trois modules distincts, par exemple, en fonction du gaz à liquéfier, un premier module pour refroidir le gaz depuis la température ambiante à une température comprise entre 110°K et 77°K, un second module pour comprimer le gaz refroidi par le premier module à une pression comprise entre 1 bar et 80 bar et un troisième module pour refroidir le gaz comprimé par le second module à une température comprise entre 77°K et 4°K.
- [0026] Une structure à trois modules amovibles permet un bon équilibre entre la facilité et rapidité de manipulation des modules pour leur pose/dépose au sein de l'enveloppe (au plus il y a de modules, au plus l'assemblage au sein de l'enveloppe est difficile et long), et la complexité structurelle de chaque module permettant une fabrication et une intervention aisée sur chaque module (au moins le module inclut de fonctions au moins il est structurellement complexe, mais nécessite d'autres modules pour les autres fonctions).
- [0027] Dans certains modes de réalisation, l'enveloppe peut être configurée pour isoler thermiquement l'enceinte close de l'extérieur de l'enveloppe externe, et pour placer et maintenir l'enceinte close sous vide. Placer l'enceinte close sous vide permet de réduire les effets de perte thermique entre le module et l'extérieur de l'enveloppe par convection.
- [0028] Par exemple, l'enveloppe peut comprendre une pompe à vide. Par exemple, le vide est un vide compris entre  $10^{-3}$  mbar et  $10^{-5}$  mbar de pression absolue dans l'enveloppe.
- [0029] Dans certains modes de réalisation, le dispositif de liquéfaction peut être configuré pour liquéfier du H<sub>2</sub> (dihydrogène), du He (hélium), du O<sub>2</sub> (dioxygène), du N<sub>2</sub> (diazote), du Ne (néon), un mélange de He (hélium) et de Ne (néon) ou un mélange de Ne (néon) et de H<sub>2</sub> (dihydrogène).
- [0030] Par exemple, le dispositif de liquéfaction peut être configuré pour liquéfier du H<sub>2</sub> (dihydrogène) à une température de 20°K et une pression de 1.0 bar, He (hélium) à une température de 4°K et une pression de 1.0 bar, N<sub>2</sub> (diazote) à une température de 77°K et une pression de 1.0 bar, Ne (néon) à une température de 27°K et une pression de 1.0 bar, un mélange de He et H<sub>2</sub> à une température de 20°K et une pression de 1.0 bar, un mélange de He et Ne à une température de 24°K et une pression de 1.0 bar et/ou un mélange de Ne et H<sub>2</sub> à une température de 24°K et une pression de 1.0 bar.
- [0031] Un mode de réalisation concerne un procédé d'assemblage d'un dispositif de liquéfaction selon l'un quelconque des modes de réalisation décrits dans le présent exposé dans lequel on fournit une enveloppe externe comprenant au moins un capot amovible et configurée pour délimiter une enceinte close, on dispose de manière amovible au moins un module amovible dans l'enveloppe externe et on ferme de manière réversible l'enveloppe externe à l'aide du au moins un capot amovible.

## **Breve description des dessins**

- [0032] L'objet du présent exposé et ses avantages seront mieux compris à la lecture de la description détaillée faite ci-après de différents modes de réalisation donnés à titre d'exemples non limitatifs. Cette description fait référence aux pages de figures annexées, sur lesquelles :
- [0033] [fig.1] La [fig.1] représente un dispositif de liquéfaction de gaz selon un premier mode de réalisation,
- [0034] [fig.2] La [fig.2] représente une vue en coupe du dispositif de liquéfaction de la [fig.1], selon le plan de coupe II,
- [0035] [fig.3] La [fig.3] représente un procédé d'assemblage du dispositif d'assemblage de la [fig.1],
- [0036] [fig.4] La [fig.4] représente une première variante du dispositif d'assemblage de la [fig.1], et de son procédé d'assemblage,
- [0037] [fig.5] La [fig.5] représente une deuxième variante du dispositif d'assemblage de la [fig.1], et de son procédé d'assemblage.

## **Description des modes de réalisation**

- [0038] La [fig.1] représente un dispositif de liquéfaction de gaz 10 comprenant une enveloppe externe 12 et au moins un module amovible, dans cet exemple trois modules amovibles distincts M1, M2 et M3, disposés à l'intérieur de l'enveloppe externe 12. L'enveloppe 12 comprend au moins un capot amovible, dans cet exemple un unique capot amovible 12A, fermant de manière réversible l'enveloppe 12. Le capot 12A est configuré pour pouvoir introduire/extraire les modules M1, M2 et M3 dans/de l'intérieur de l'enveloppe 12. L'enveloppe 12 équipée du capot 12A délimite une enceinte close C logeant tous les modules M1, M2 et M3. Cet exemple comprend strictement trois modules amovibles, mais selon d'autres variantes, le dispositif de liquéfaction pourrait comprendre un seul, deux, ou plus de trois modules amovibles.
- [0039] L'enveloppe 12 présente une forme cylindrique de section circulaire, et s'étendant selon un axe X (ou axe longitudinal X). Dans cet exemple, l'enveloppe 12 comprend un unique capot amovible 12A formant une extrémité axiale de l'enveloppe. Selon une variante représentée sur la [fig.5], l'enveloppe 12' comprend deux capots amovibles 12A et 12B formant chacun une extrémité axiale opposée de l'enveloppe 12.
- [0040] Dans cet exemple, l'enveloppe 12 est configurée pour isoler thermiquement l'enceinte close C de l'extérieur E de l'enveloppe 12, et pour placer et maintenir l'enceinte close C sous vide. Par exemple, l'enveloppe 12 peut comprendre une valve de sécurité 16 pour éviter toute sur/sous pression dans l'enceinte close C. L'enveloppe peut comprendre une pompe à vide 18.
- [0041] Les modules amovibles M1, M2, et M3 sont configurés, ensemble, pour liquéfier du

H<sub>2</sub>, du He, du O<sub>2</sub>, du N<sub>2</sub>, du Ne, un mélange de He et de Ne ou un mélange de Ne et de H<sub>2</sub>. Par exemple, dans le cadre de la liquéfaction de H<sub>2</sub>, un premier module M3 est configuré pour refroidir le gaz depuis la température ambiante à une température de 80°K, un second module M2 est configuré pour comprimer le gaz refroidi par le premier module M3 à une pression de 1 bar, et un troisième module M1 est configuré pour refroidir le gaz comprimé par le second module M2 à une température de 20°K.

- [0042] Les modules M1, M2 et M3 sont adjacents deux à deux selon la direction axiale X et disposés dans cet ordre selon la direction axiale X, le module M3 étant adjacent au capot 12A.
- [0043] Dans cet exemple, chacun des modules M1, M2 et M3 est monté sur rail au sein de l'enveloppe 12, afin de guider leur introduction/extraction dans/de l'intérieur de l'enveloppe 12. Par exemple, comme cela est visible sur la [fig.2], l'enveloppe 12 comprend deux rails 13 qui s'étendent axialement, et reçoivent les trois modules M1, M2 et M3. Dans cet exemple, chaque module M1, M2 et M3 comprend un châssis en treillis 14, qui coopère avec les rails 13. Le reste de chaque module M1, M2 et M3 est monté sur son châssis 14 respectif. Le reste de chaque module peut comprendre notamment, mais pas exclusivement, un ou plusieurs tuyaux et/ou une ou plusieurs vannes et/ou un ou plusieurs échangeurs de chaleur et/ou un ou plusieurs régénérateurs et/ou un ou plusieurs compresseurs et/ou une ou plusieurs turbines de détente et/ou un ou plusieurs dispositifs de commande et/ou un ou plusieurs dispositifs de sécurité, etc.
- [0044] Dans cet exemple, toutes les vannes cryogéniques sont des vannes cryogéniques à actionneur à froid, par exemple à actionneur électrique à froid. Par exemple, les modules M1 et M3 comprennent chacun une vanne cryogénique à actionneur à froid 20 et 20' (voir [fig.1], non représentées sur les autres figures).
- [0045] Les modules M1, M2 et M3 sont reliés entre eux par des connexions électriques et/ou fluidiques L1. Par exemple, seuls les modules adjacents sont reliés entre eux, par exemple le module M1 est relié uniquement au module M2, le module M2 est relié aux modules M1 et M3 et le module M3 est relié uniquement au module M2. Selon un autre exemple, des connexions électriques et/ou fluidiques peuvent relier des modules qui ne sont pas nécessairement adjacents, par exemple le module M1 et le module M3. Dans le présent exemple, deux connexions électrique et/ou fluidique L1 relient les modules M1 et M2 et deux connexions électrique et/ou fluidique L1 relient les modules M2 et M3. Il peut y avoir une seule ou plus de deux connexions L1 entre chaque module. En d'autres termes, chaque module présente au moins une connexion électrique (i.e. de puissance et/ou de contrôle commande) et/ou fluidique avec au moins un autre module (adjacent ou pas) pour réaliser ensemble un cycle complet de liquéfaction d'un gaz.
- [0046] L'unique capot amovible 12A comprend toutes les interfaces entre les modules M1,

M2 et M3 et l'extérieur E de l'enveloppe 12. Dans cet exemple, le module M2 ne comprend aucune interface avec l'extérieur, mais uniquement avec les modules adjacents M1 et M3, tandis que les modules M1 et M3 comprennent des interfaces avec l'extérieur. Ces interfaces sont symbolisées par des connexions électriques et/ou fluidiques L21 et L22, la connexion L21 reliant le module M1 au capot 12A et les deux connexions L22 reliant le module M3 au capot 12A. Par exemple, une des deux lignes L22 est une entrée de gaz à température et pression ambiante, et l'autre ligne L22 est une interface de commande électrique, et la ligne L21 est une sortie de gaz liquéfié. Selon une variante, les interfaces s'étendent toutes entre le module adjacent M3 au capot et le capot 12A. Selon une autre variante, il y a plus d'une interface avec le module M1. Plus généralement, chaque module peut avoir aucune, une ou plusieurs interfaces avec l'extérieur E. Selon un exemple non représenté, les interfaces peuvent comprendre une entrée de gaz à liquéfier, une sortie de gaz liquéfié, une entrée de gaz de pré-refroidissement, pour le module M3, et une sortie du gaz de pré-refroidissement, une connexion électrique, une connexion pour les mesures et les contrôles commande.

[0047] Dans le présent exemple, le capot 12A est solidaire du module M3, et les deux connexions L22 peuvent être couplées de manière réversible ou irréversible avec le capot 12A. La connexion L21 peut être couplée de manière réversible avec le capot 12A, auquel cas le module M1 peut être introduit/extrait de l'enveloppe 12, indépendamment du capot 12A et du module M3. Selon une variante, La connexion L21 peut être couplée de manière irréversible avec le capot 12A, auquel cas le module M1 doit être introduit/extrait de l'enveloppe 12, en même temps que le module M3 et le capot 12A (et donc dans cet exemple avec également le module M2 disposé entre le module M1 et le module M3).

[0048] Un procédé d'assemblage du dispositif 12 est décrit en référence à la [fig.3]. On fournit une enveloppe 12 comprenant un capot amovible 12A et configurée pour délimiter une enceinte close C. On dispose ensuite de manière amovible les modules M1, M2 et M3 dans l'enveloppe 12, par exemple en les faisant glisser sur les rails 13 axialement selon la flèche A. On ferme ensuite de manière réversible l'enveloppe 12 à l'aide du capot 12A. Dans cet exemple, le module M3 étant solidaire du capot 12A, on ferme l'enveloppe 12 en même temps qu'on dispose le module M3 dans l'enveloppe 12.

[0049] Selon un exemple, on pré-connecte les connexions L1, L21 et L22 entre les trois modules M1, M2 et M3 et le capot 12A à l'extérieur de l'enveloppe 12, et on les introduits tous ensemble ensuite dans l'enveloppe 12.

[0050] Selon un autre exemple, les connexions L1 et L21 sont réalisées après l'introduction des modules M1, M2 et M3 dans l'enveloppe 12, par exemple via des trous d'homme

non représentés ou a préalable de la fermeture du capot 12. Selon encore un autre exemple, on connecte les connexions L1 entre les modules M1 et M2 avant d'introduire le module M3. Les connexions L22 entre le module M3 et le capot 12A peuvent être connectées avant l'introduction du module M3 et la fermeture simultanée de l'enveloppe 12 par le capot 12A, le capot 12A et le module M3 étant, dans cet exemple, solidaires. On connecte enfin les connexions L1 entre les modules M2 et M3 via des trous d'homme non représentés.

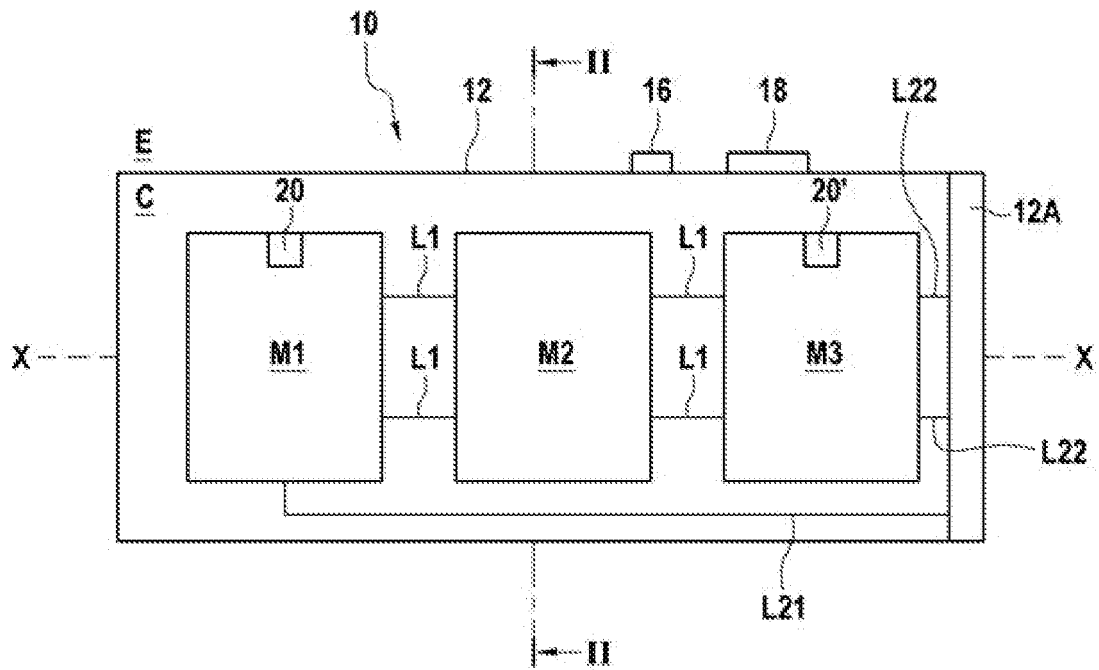
- [0051] Selon une première variante du procédé représentée sur la [fig.4], le capot 12A n'est pas solidaire du module M3. On ferme alors l'enveloppe 12 après avoir introduit le module M3. Tous les exemples de connexions envisagés ci-avant s'appliquent à la présente variante, y compris pour les connexions L22.
- [0052] Selon une deuxième variante représentée sur la [fig.5], l'enveloppe 12' comprend deux capots amovibles 12A et 12B configurés pour l'introduction/extraction des modules. Dans cet exemple, seul le capot 12A comprend les interfaces entre les modules M1, M2 et M3 et l'extérieur E. Par exemple, seul le capot 12B peut comprendre les interfaces entre les modules M1, M2 et M3 et l'extérieur E, ou bien les interfaces entre les modules M1, M2 et M3 et l'extérieur E peuvent être réparties entre les deux capot 12A et 12B. Par exemple, l'interface L21 peut être s'étendre entre le module M1 et le capot 12B tandis que les interfaces L22 peuvent s'étendre entre le module M3 et le capot 12A. Dans cet exemple le capot 12B n'est pas solidaire du module M1. Selon une variante, le capot 12B est solidaire du module M1. Dans cet exemple le capot 12A est solidaire du module M3. Selon une variante, le capot 12A n'est pas solidaire du module M3.
- [0053] Dans cet exemple, on peut par exemple introduire les modules séquentiellement, dans tous les ordres et combinaisons possibles, selon la flèche A ou selon la flèche B. Tous les exemples de connexions envisagés ci-avant s'appliquent à la présente variante, pour toutes les connexions L1, L21 et L22.
- [0054] Bien que la présente invention ait été décrite en se référant à des modes de réalisation spécifiques, il est évident que des modifications et des changements peuvent être effectués sur ces exemples sans sortir de la portée générale de l'invention telle que définie par les revendications. En particulier, des caractéristiques individuelles des différents modes de réalisation illustrés/mentionnés peuvent être combinées dans des modes de réalisation additionnels. Par conséquent, la description et les dessins doivent être considérés dans un sens illustratif plutôt que restrictif.
- [0055] Il est également évident que toutes les caractéristiques décrites en référence à un procédé sont transposables, seules ou en combinaison, à un dispositif, et inversement, toutes les caractéristiques décrites en référence à un dispositif sont transposables, seules ou en combinaison, à un procédé.

## Revendications

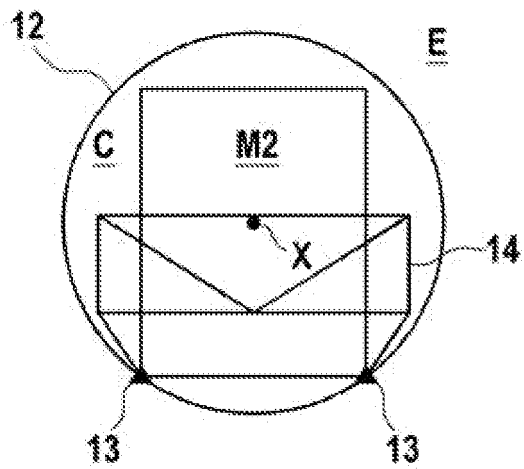
- [Revendication 1] Dispositif de liquéfaction de gaz (10, 10') comprenant une enveloppe externe (12, 12'), au moins un module amovible (M1, M2, M3) disposé à l'intérieur de l'enveloppe externe (12, 12'), le au moins un module amovible (M1, M2, M3) étant configuré pour liquéfier un gaz, l'enveloppe externe (12, 12') comprenant au moins un capot amovible (12A, 12A', 12B) fermant de manière réversible l'enveloppe externe (12, 12') et configuré pour introduire/extraire le au moins un module amovible (M1, M2, M3) dans/de l'intérieur de l'enveloppe externe (12, 12'), l'enveloppe externe (12, 12') équipée de son au moins un capot amovible (12A, 12A', 12B) délimitant une enceinte close (C) logeant le au moins un module amovible (M1, M2, M3).
- [Revendication 2] Dispositif de liquéfaction de gaz (10, 10') selon la revendication 1, dans lequel le au moins un module amovible (M1, M2, M3) est monté sur rail(s) au sein de l'enveloppe externe (12, 12'), afin de guider l'introduction/extraction du au moins un module amovible (M1, M2, M3) dans/de l'intérieur de l'enveloppe externe (12, 12').
- [Revendication 3] Dispositif de liquéfaction de gaz (10, 10') selon la revendication 1 ou 2, dans lequel au moins un module amovible (M1, M2, M3) comprend au moins une vanne cryogénique à actionneur à froid (20, 20').
- [Revendication 4] Dispositif de liquéfaction de gaz (10, 10') selon la revendication 3, dans lequel la au moins une vanne cryogénique à actionneur à froid est une vanne cryogénique à actionneur électrique à froid (20, 20').
- [Revendication 5] Dispositif de liquéfaction de gaz (10, 10') selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le au moins un capot amovible (12A, 12A', 12B) comprend toutes les interfaces entre le au moins un module amovible (M1, M2, M3) et l'extérieur de l'enveloppe externe (12, 12').
- [Revendication 6] Dispositif de liquéfaction de gaz (10, 10') selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel au moins un capot amovible (12A) est solidaire d'un module amovible (M1).
- [Revendication 7] Dispositif de liquéfaction de gaz (10, 10') selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel l'enveloppe externe (12, 12') est cylindre de section circulaire et s'étendant selon un axe (X), l'enveloppe externe (12, 12') comprenant un unique capot amovible (12A, 12A') format une extrémité axiale de l'enveloppe externe (12) ou bien deux capots amovibles (12A, 12B) formant chacun une extrémité axiale opposée de l'enveloppe externe (12').

- [Revendication 8] Dispositif de liquéfaction de gaz (10, 10') selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comprenant trois modules distincts (M1, M2, M3), exemple un premier module (M3) pour refroidir le gaz depuis la température ambiante à une température comprise entre 110°K et 77°K, un second module (M2) pour comprimer le gaz refroidi par le premier module (M3) à une pression comprise entre 1 bar et 80 bar et un troisième module (M1) pour refroidir le gaz comprimé par le second module (M2) à une température comprise entre 77°K et 4°K.
- [Revendication 9] Dispositif de liquéfaction de gaz (10, 10') selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel l'enveloppe externe (12, 12') est configurée pour isoler thermiquement l'enceinte close (C) de l'extérieur (E) de l'enveloppe externe (12, 12'), et pour placer et maintenir l'enceinte close (C) sous vide.
- [Revendication 10] Dispositif de liquéfaction de gaz (10, 10') selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, configuré pour liquéfier du H<sub>2</sub>, du He, du O<sub>2</sub>, du N<sub>2</sub>, du Ne, un mélange de He et de Ne ou un mélange de Ne et de H<sub>2</sub>.
- [Revendication 11] Procédé d'assemblage d'un dispositif de liquéfaction de gaz (10, 10') selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel on fournit une enveloppe externe (12, 12') comprenant au moins un capot amovible (12A, 12A', 12B) et configurée pour délimiter une enceinte close (C), on dispose de manière amovible au moins un module amovible (M1, M2, M3) dans l'enveloppe externe (12, 12') et on ferme de manière réversible l'enveloppe externe (12, 12') à l'aide du au moins un capot amovible (12A, 12A', 12B).

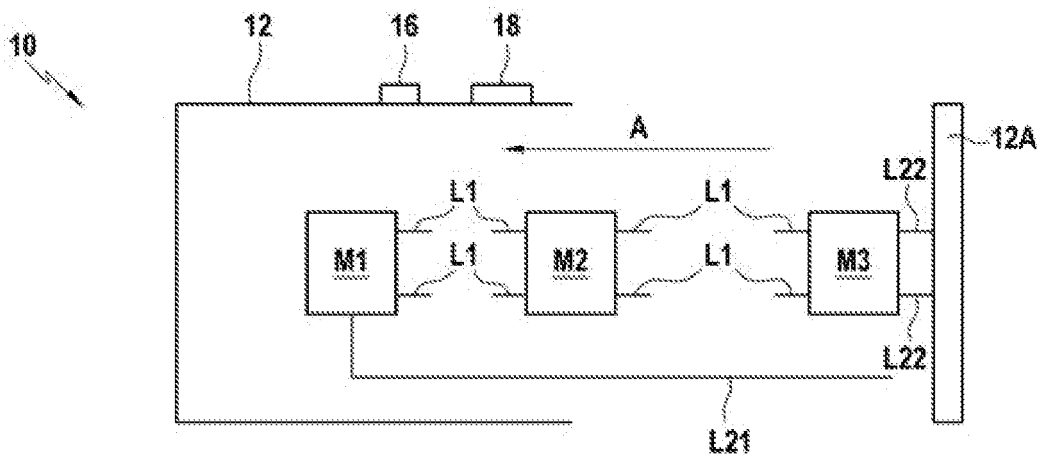
[Fig. 1]



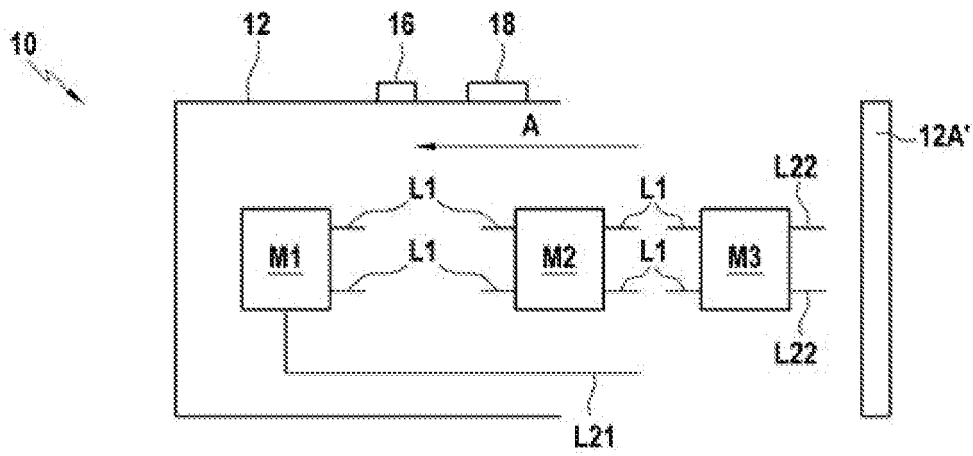
[Fig. 2]



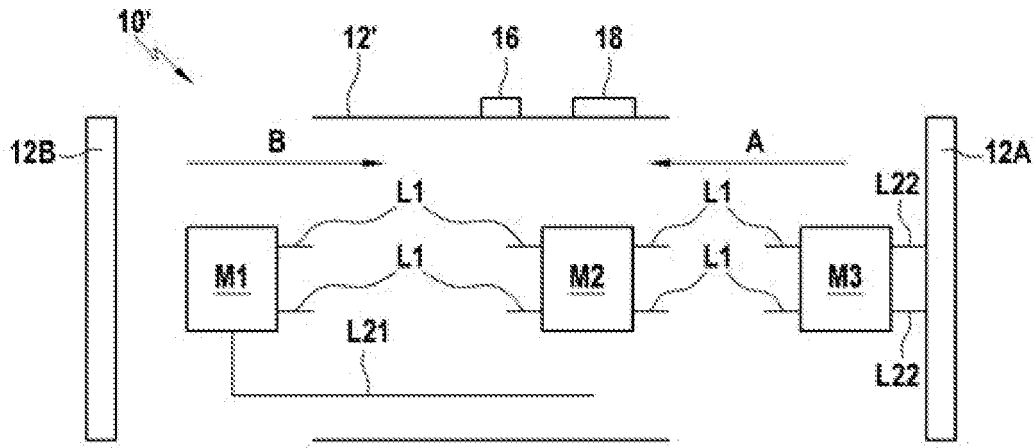
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



**RAPPORT DE RECHERCHE  
 PRÉLIMINAIRE**

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

 N° d'enregistrement  
 national

 FA 890217  
 FR 2102128

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2013/277021 A1 (HUEBEL ROBERT R [US]) 24 octobre 2013 (2013-10-24) * alinéas [0012], [0023], [0047]; revendication 21; figures 2A-2C *	1,2,8	F25J1/02
X	US 2019/242644 A1 (KIM SEO YOUNG [KR]) 8 août 2019 (2019-08-08) * figure 1 *	1,5,6,9, 10	
X	DE 27 36 491 A1 (LINDE AG) 22 février 1979 (1979-02-22) * figure 2 *	1,3-5,11	
X	WO 2018/165712 A1 (WOODSIDE ENERGY TECHNOLOGIES PTY LTD [AU]) 20 septembre 2018 (2018-09-20) * figure 1 *	1,5,11	
A	ERIC ARNAUD FAUVE ET AL: "Ras Laffan helium recovery unit 2", AIP CONFERENCE PROCEEDINGS, 1 janvier 2012 (2012-01-01), pages 102-109, XP055464467, NEW YORK, US ISSN: 0094-243X, DOI: 10.1063/1.4706910 * figures 5,6 *	7	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F25J
A	WO 2019/222815 A1 (WOODSIDE ENERGY TECHNOLOGIES PTY LTD [AU]) 28 novembre 2019 (2019-11-28) * rails; page 14, lignes 2,3 *	2	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
16 novembre 2021		Schopfer, Georg	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2102128 FA 890217**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **16-11-2021**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2013277021 A1	24-10-2013	CA 2871631 A1	31-10-2013
		EP 2861923 A2	22-04-2015
		JP 6140811 B2	31-05-2017
		JP 2015522782 A	06-08-2015
		KR 20150021919 A	03-03-2015
		US 2013277021 A1	24-10-2013
		WO 2013162877 A2	31-10-2013
-----			
US 2019242644 A1	08-08-2019	AUCUN	
-----			
DE 2736491 A1	22-02-1979	AUCUN	
-----			
WO 2018165712 A1	20-09-2018	AU 2018201851 A1	04-10-2018
		AU 2020200322 A1	06-02-2020
		CA 3055601 A1	20-09-2018
		CN 110709659 A	17-01-2020
		EP 3596415 A1	22-01-2020
		JP 2020514665 A	21-05-2020
		KR 20200007773 A	22-01-2020
		RU 2019132082 A	14-04-2021
		SG 11201908182V A	30-10-2019
		US 2020080771 A1	12-03-2020
WO 2018165712 A1	20-09-2018		
-----			
WO 2019222815 A1	28-11-2019	AUCUN	
-----			