



(11) **EP 3 339 766 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
27.06.2018 Bulletin 2018/26

(51) Int Cl.:
F25B 19/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **17207054.2**

(22) Date de dépôt: **13.12.2017**

(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:
MA MD TN

(30) Priorité: **22.12.2016 FR 1663207**

(71) Demandeur: **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME
POUR L'ETUDE ET
L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES
CLAUDE
75007 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:
• **DUBOUDIN, Thierry
94300 VINCENNES (FR)**
• **BIGOT, David
78450 VILLEPREUX (FR)**
• **DALLAIS, Antony
91640 Janvry (FR)**
• **YOUBI-IDRISSI, Mohammed
91620 Nozay (FR)**
• **QUENEDEY, Jean-Patrice
78350 JOUY-EN-JOSAS (FR)**

(74) Mandataire: **Mellul-Bendelac, Sylvie Lisette
L'Air Liquide
Direction des Services
De la Propriété Intellectuelle
75, Quai d'Orsay
75321 Paris Cedex 07 (FR)**

(54) **PROCÉDÉ DE DÉGIVRAGE POUR ÉCHANGEUR D'UN SYSTÈME DE FROID CRYOGÉNIQUE**

(57) Un procédé de gestion du fonctionnement d'un camion de transport frigorifique de produits thermosensibles, du type à injection indirecte, où le camion est muni :

- d'au moins une chambre de stockage des produits,
- d'une réserve d'un fluide cryogénique tel l'azote liquide ou le CO₂ liquide,
- d'un système d'échangeur thermique dans lequel circule le fluide cryogénique, système d'échangeur comprenant au moins un échangeur thermique interne à ladite au moins une chambre,

- ainsi que d'un système de circulation d'air, par exemple de type ventilateurs, apte à mettre en contact l'air interne à la chambre avec les parois froides du ou des échangeurs interne(s) à ladite au moins une chambre ; se caractérisant en ce que l'on ordonne une opération de dégivrage dudit échangeur par la prise en compte de la pente de descente de la température de reprise d'air de l'échangeur T_{int} et de l'écart de température entre la température de reprise d'air de l'échangeur T_{int} et une valeur de consigne visée pour la température à l'intérieur de ladite au moins une chambre, **Cons_{int}**.

EP 3 339 766 A1

Description

[0001] La présente invention concerne le domaine du transport et de la distribution de produits thermosensibles, tels les produits pharmaceutiques et les denrées alimentaires. Dans ce domaine, le froid nécessaire au maintien de la température des produits est fourni principalement par deux technologies différentes :

- les groupes frigorifiques à compression mécanique de vapeur fonctionnant en boucle fermée ;
- les groupes cryogéniques fonctionnant en boucle ouverte et mettant en oeuvre une injection directe ou indirecte de fluides cryogéniques et en particulier d'azote liquide.

[0002] La présente invention s'intéresse plus particulièrement aux solutions cryogéniques à injection indirecte. Dans de telles solutions, le fluide cryogénique est acheminé depuis un réservoir cryogénique embarqué sur le camion frigorifique (en général en dessous du camion) jusqu'à un ou plusieurs échangeurs thermiques situés à l'intérieur de la ou les chambres froides du camion, échangeurs munis de moyens de circulation d'air. Ces échangeurs permettent le refroidissement, à la température désirée, de l'air interne de la chambre stockant les produits.

[0003] L'invention s'intéresse au problème bien connu de l'accumulation de givre sur l'échangeur. En effet, au cours du fonctionnement du système, différents apports d'humidité peuvent avoir lieu :

- l'humidité présente naturellement dans l'enceinte ;
- l'humidité des produits transportés ;
- l'humidité provenant de la différence d'environnement entre l'extérieur et l'intérieur de l'enceinte lors des ouvertures des portes du camion pour la livraison des denrées.

[0004] En effet, des camions réalisent traditionnellement des tournées de livraison, au cours desquelles les marchandises transportées sont déchargées progressivement, à plusieurs points de livraisons successifs.

[0005] Au cours de ce déchargement, les portes du camion sont ouvertes, et la différence de température entre l'air froid contenu dans la caisse et l'air ambiant extérieur, conduit à une entrée d'air extérieur dans la caisse qui renouvelle l'air de la caisse en 1 ou 2 minutes.

[0006] L'air extérieur étant humide, cette entrée d'air extérieur, lors d'une ouverture de porte, entraîne une augmentation de l'humidité à l'intérieur de la caisse, qui à la remise en route du groupe frigorifique, se dépose sur les parties les plus froides du système, à savoir la batterie d'échangeur.

[0007] Le givrage de la batterie s'accroît ainsi avec le nombre d'ouvertures de porte, réduisant la capacité d'échange et donc la puissance frigorifique de l'échangeur :

- La couche supplémentaire de givre agit comme une couche d'isolant, réduisant le transfert thermique ;
- La couche supplémentaire de givre réduit les sections de passage d'air au sein de l'échangeur, diminuant ainsi le débit d'air.

[0008] La puissance frigorifique diminuant, le risque existe de ne plus pouvoir maintenir la température de consigne nécessaire pour les marchandises transportées, tout particulièrement si ce sont des marchandises surgelées et il est alors décidé, pour éviter ce risque, de déclencher un dégivrage de la batterie de l'échangeur.

[0009] Rappelons que le contrôle de procédé typiquement mis en oeuvre dans de tels camions fonctionnant en injection indirecte est le suivant :

1- lors de la mise en route du système frigorifique du camion (par exemple au démarrage d'une tournée du camion ou après un arrêt prolongé du système frigorifique pour une raison quelconque) ou encore après une ouverture de porte, on adopte un mode de descente rapide en température (cette industrie nomme cette phase « pull down »).

2- Une fois la température de consigne atteinte dans la chambre de stockage des produits, on adopte un mode de contrôle/régulation qui permet de maintenir la température de la chambre de stockage des produits à la valeur de la consigne (phase de « maintien »).

[0010] Les professionnels de ce secteur parlent également d'un fonctionnement en pleine charge (phase 1) ou à charge partielle (phase 2).

[0011] La littérature fait état de différentes stratégies pour dégivrer de tels échangeurs de groupes cryogéniques, parmi lesquelles on trouve les approches suivantes :

- la présence de résistances électriques intégrées dans le corps de l'échangeur et alimentées par des batteries électriques : cette solution a l'avantage d'être facile à intégrer mais son inconvénient majeur réside dans sa limitation en termes de puissance thermique, en raison de la faible autonomie électrique disponible sur un camion.
- l'utilisation d'échangeurs aérothermiques alimentés par une chaudière à combustion : l'air est chauffé directement ou indirectement via une boucle de fluide caloporteur. L'avantage de ce type de solution est sa disponibilité sur le marché. En revanche, en tant que modules séparés, l'encombrement et l'alimentation fluide et électrique de ces éléments peuvent engendrer des inconvénients en termes d'autonomie électrique, de qualité de maintien de la température dans la caisse et de coût d'achat, d'installation et de maintenance.

[0012] On notera aussi que ces modes de dégivrage

requièrent un temps d'action qui peut être pénalisant lors du fonctionnement du système car le refroidissement ne peut pas fonctionner en même temps.

[0013] Examinons maintenant comment sont déclenchées dans ces méthodes de l'art antérieur les actions de dégivrage :

i) elles peuvent être déclenchées selon un fonctionnement cyclique : par exemple selon une durée du cycle qui est préfixée par le constructeur et peut être paramétrée par l'utilisateur. L'avantage de ce système de déclenchement est que le dégivrage est régulier, cependant, le dégivrage est réalisé indépendamment de la quantité de givre présent sur l'échangeur, et donc de la réduction de la puissance de l'échangeur. Aussi, selon les conditions opératoires du camion frigorifique et la masse effective du givre accumulée sur l'échangeur, cette durée peut être sous-estimée, il en résulte alors une dégradation prématurée de la puissance de l'échangeur, synonyme d'un non retour à la température de consigne après ouverture de porte, d'où une dégradation de la qualité de la chaîne du froid. On peut au contraire mettre en oeuvre, par cette durée préfixée, une durée trop conservatrice et donc une consommation énergétique inutile.

j) elles peuvent également être déclenchées manuellement par l'opérateur. L'optimisation du dégivrage par rapport à l'encrassement de l'échangeur dépend donc seulement de l'opérateur.

[0014] Les inconvénients de ces modes de déclenchement selon i) et j) peuvent être résumés ainsi :

- le dégivrage est déclenché soit trop tôt soit trop tard : trop tôt, quand la puissance nominale de l'échangeur est encore atteinte et donc le dégivrage représente une perte de temps et une consommation énergétique excessive du système, ou bien trop tard quand l'échangeur a déjà une puissance réduite.
- le dégivrage est déclenché de façon non optimisée, ce qui peut engendrer des variations de température importantes :

-- > trop fréquent, l'apport de calories dû au mode de dégivrage est trop important ;
 -- > trop étendu : l'échangeur n'a plus suffisamment de puissance pour permettre un retour à la température de consigne.

k) déclenchement par relevés de température : Le givrage de la batterie est classiquement détecté par l'augmentation du pincement de l'échangeur, soit sur le fluide frigorigène (différence entre la température d'air de reprise et la température du fluide frigorigène en sortie de batterie), soit sur l'air (différence entre la température d'air de reprise et la température d'air soufflé), où :

- T_{int} est la température de l'air en entrée de l'échangeur ;
- $T_{\text{sortie fluide}}$: est la température des vapeurs froides sortant de l'échangeur ; et
- $T_{\text{air soufflé}}$ est la température de l'air « soufflé » i.e la température de l'air, devenu froid, après sa traversée de l'échangeur.

[0015] Le pincement de l'échangeur s'exprime alors ainsi $T_{\text{int}} - T_{\text{sortie fluide}}$, tandis que l'écart de température sur l'air s'exprime ainsi $T_{\text{int}} - T_{\text{air soufflé}}$.

[0016] Lorsque l'accumulation du givre est importante sur l'échangeur, le fluide frigorigène ne transfère pas toute l'énergie disponible à l'air. Le fluide frigorigène à la sortie de l'échangeur est alors plus froid que dans les conditions nominales, l'air est également moins refroidi. La température de l'air en sortie d'échangeur est donc plus chaude. L'écart entre la température d'air à l'entrée et la sortie de l'échangeur sera alors plus important. Si ces deux facteurs sont observés, le dégivrage est mis en fonctionnement.

[0017] On peut signaler que ce mode de dégivrage est couramment utilisé et fonctionne de façon satisfaisante. Cependant, il faut garder à l'esprit qu'il repose sur la présence de plusieurs sondes de température et que si l'une d'elle est défaillante ou présente une dérive de mesure, il en résultera alors au mieux un dégivrage non-optimisé, voire dans le cas le plus défavorable un défaut de déclenchement du dégivrage.

[0018] Il faut aussi mentionner que l'échangeur n'étant plus en mesure de produire du froid lors d'un dégivrage, une durée de dégivrage allongée expose au risque de ne pas pouvoir revenir, à l'issue du dégivrage, à la température de consigne avant une nouvelle livraison. Il est donc de ce fait important afin de maintenir la meilleure chaîne du froid possible, dans le cas d'un dégivrage électrique dont l'alimentation est réalisée au moyen de batteries électriques, d'optimiser le critère de déclenchement du dégivrage et de minimiser le nombre de dégivrages au cours d'une tournée.

[0019] Comme on le verra plus en détails dans ce qui suit, la présente invention propose une solution technique aux problèmes ci-dessus évoqués, une solution que l'on peut qualifier de « dégradée ». En effet, elle propose, afin de s'assurer que le dégivrage d'un échangeur n'entraîne pas un écart trop important de la température de l'air dans la caisse par rapport à la température de consigne, de dégrader volontairement la fréquence de dégivrage de la batterie de l'échangeur, en ajoutant des critères à ceux qui sont utilisés dans les algorithmes pratiques classiquement, à savoir le pincement du fluide frigorigène ou le pincement air.

[0020] On propose donc de prendre en compte les critères suivants :

- la température de l'air de reprise de l'échangeur : en effet, si la température de reprise d'air de l'échangeur est proche (par exemple avec un écart de 5

degrés ou moins) de la température de consigne, il est judicieux d'anticiper le dégivrage de l'échangeur, d'une durée raisonnable (par exemple environ 10 minutes) par rapport à celui qui serait déclenché avec un algorithme classique.

[0021] En effet, lors d'un dégivrage déclenché à une température proche de la consigne, la température dans la caisse ne s'écartera pas substantiellement de la température de consigne, même si la production de froid est coupée et ce grâce à l'isolation thermique de la caisse.

- la pente de descente de la température de reprise d'air, mesurée en °C/min. En effet, même si l'échangeur est givré et que les critères de déclenchement du dégivrage des algorithmes classiques sont atteints, la puissance frigorifique de l'échangeur, même si elle est substantiellement inférieure à sa puissance nominale, peut être suffisante, compte-tenu de la taille de la chambre à refroidir et de l'éventuelle présence de marchandises qui limite le volume d'air à refroidir.

[0022] Ainsi, tant que la pente de descente en température reste supérieure ou égale à une valeur cible, par exemple comprise entre 0,2 et 0,4 °C/min, alors que la température de reprise d'air diffère substantiellement (de plus de 5°C par exemple) de la température de consigne, la présente invention propose de différer le dégivrage, même si les critères des algorithmes classiques sont atteints.

[0023] En d'autres termes selon la présente proposition, le dégivrage ne sera déclenché que si la pente de descente en température est inférieure à la valeur cible (consigne) alors que la température de reprise d'air s'approche de la température de consigne, par exemple à moins de 5°C.

[0024] La présente invention concerne alors un procédé de gestion du fonctionnement d'un camion de transport frigorifique de produits thermosensibles, du type à injection indirecte, où le camion est muni :

- d'au moins une chambre de stockage des produits,
- d'une réserve d'un fluide cryogénique tel l'azote liquide ou le CO₂ liquide,
- d'un système d'échangeur thermique dans lequel circule le fluide cryogénique, système d'échangeur comprenant au moins un échangeur thermique interne à ladite au moins une chambre,
- ainsi que d'un système de circulation d'air, par exemple de type ventilateurs, apte à mettre en contact l'air interne à la chambre avec les parois froides du ou des échangeurs interne(s) à ladite au moins une chambre ;

se caractérisant par la mise en oeuvre des mesures suivantes :

a) on dispose d'une sonde de température apte à mesurer la température de reprise d'air de l'échangeur T_{int} i.e la température de l'air en entrée de l'échangeur ;

b) on dispose de moyens permettant d'évaluer la pente de descente de la température de reprise d'air T_{int} , mesurée en °C/min ;

c) et l'on ordonne une opération de dégivrage dudit échangeur quand les conditions suivantes sont atteintes :

- la pente de descente de la température de reprise d'air est inférieure à une valeur cible $Cons_{PenteT_{int}}$;
- et
- l'écart de température $T_{int} - Cons_{int}$, est inférieure à une valeur cible $Cons_{(T_{int} - Cons_{int})}$, où $Cons_{int}$ est une valeur de consigne visée pour la température à l'intérieur de ladite au moins une chambre.

[0025] La valeur cible $Cons_{(T_{int} - Cons_{int})}$ est avantageusement comprise entre 3 et 6 °C, par exemple est égale à 5°C.

[0026] L'opération de dégivrage est alors arrêtée par exemple :

- quand la température de surface de la batterie atteint 5°C ; ou
- quand la durée de l'opération de dégivrage atteint une durée prédéfinie (par exemple établie par l'expérience), par exemple située dans la gamme allant de 10 à 30 minutes.

Revendications

1. **Procédé de gestion du fonctionnement d'un camion de transport frigorifique de produits thermosensibles**, du type à injection indirecte, où le camion est muni :

- d'au moins une chambre de stockage des produits,
- d'une réserve d'un fluide cryogénique tel l'azote liquide ou le CO₂ liquide,
- d'un système d'échangeur thermique dans lequel circule le fluide cryogénique, système d'échangeur comprenant au moins un échangeur thermique interne à ladite au moins une chambre,
- ainsi que d'un système de circulation d'air, par exemple de type ventilateurs, apte à mettre en contact l'air interne à la chambre avec les parois froides du ou des échangeurs interne(s) à ladite au moins une chambre ;

se caractérisant par la mise en oeuvre des mesures

suivantes :

- a) on dispose d'une sonde de température apte à mesurer la température de reprise d'air de l'échangeur T_{int} i.e la température de l'air en entrée de l'échangeur ; 5
- b) on dispose de moyens permettant d'évaluer la pente de descente de la température de reprise d'air T_{int} , mesurée en °C/min ; 10
- c) et l'on ordonne une opération de dégivrage dudit échangeur quand les conditions suivantes sont atteintes :

- la pente de descente de la température de reprise d'air est inférieure à une valeur cible $Cons_{pente} T_{int}$; 15
- et
- l'écart de température $T_{int} - Cons_{int}$, est inférieure à une valeur cible $Cons_{(T_{int} - Cons_{int})}$, où $Cons_{int}$ est une valeur de consigne visée pour la température à l'intérieur de ladite au moins une chambre. 20

2. Procédé selon la revendication 1, **se caractérisant en ce que** la consigne $Cons_{pente} T_{int}$ est comprise entre 0,2 et 0,4 °C/mn. 25
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **se caractérisant en ce que** la valeur cible $Cons_{(T_{int} - Cons_{int})}$ est comprise entre 3 et 6 °C, par exemple est égale à 5°C. 30

35

40

45

50

55



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 17 20 7054

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

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	FR 3 019 275 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 2 octobre 2015 (2015-10-02) * page 4, lignes 18-30 *	1-3	INV. F25B19/00
Y	US 2014/150478 A1 (USELTON ROBERT B DUTCH [US] ET AL) 5 juin 2014 (2014-06-05) * alinéas [0042], [0043], [0052] *	1-3	
A	US 2003/029179 A1 (VANDER WOUDE DAVID J [US] ET AL) 13 février 2003 (2003-02-13) * le document en entier *	1-3	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F25B F25D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 25 avril 2018	Examineur Ritter, Christoph
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.02 (P04C02)

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

EP 17 20 7054

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.

25-04-2018

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 3019275 A1	02-10-2015	AUCUN	
US 2014150478 A1	05-06-2014	CA 2892133 A1	05-06-2014
		US 2014150478 A1	05-06-2014
		US 2018051925 A1	22-02-2018
		WO 2014085344 A1	05-06-2014
US 2003029179 A1	13-02-2003	DE 10229864 A1	27-03-2003
		JP 2003083595 A	19-03-2003
		US 2003029179 A1	13-02-2003

EPO FORM P0460

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