



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2011/10/19
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2012/06/21
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 2013/03/25
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2011/052444
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2012/080600
 (30) Priorité/Priority: 2010/12/16 (FR1060612)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *F25B 19/00* (2006.01),
F25B 41/04 (2006.01), *F25D 3/10* (2006.01)
 (71) Demandeur/Applicant:
L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE
ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES
CLAUDE, FR
 (72) Inventeurs/Inventors:
ZERBINATTI, CELSO, FR;
JOUVAUD, DOMINIQUE, FR;
RAMES-LANGLADE, GERALDINE, FR
 (74) Agent: ROBIC

(54) Titre : METHODE DE GESTION DE L'ALIMENTATION EN LIQUIDE CRYOGENIQUE D'UN CAMION DE
TRANSPORT DE PRODUITS THERMOSENSIBLES FONCTIONNANT EN INJECTION INDIRECTE
 (54) Title: INDIRECT-INJECTION METHOD FOR MANAGING THE SUPPLY OF CRYOGENIC LIQUID TO A TRUCK
FOR TRANSPORTING HEAT-SENSITIVE MATERIALS

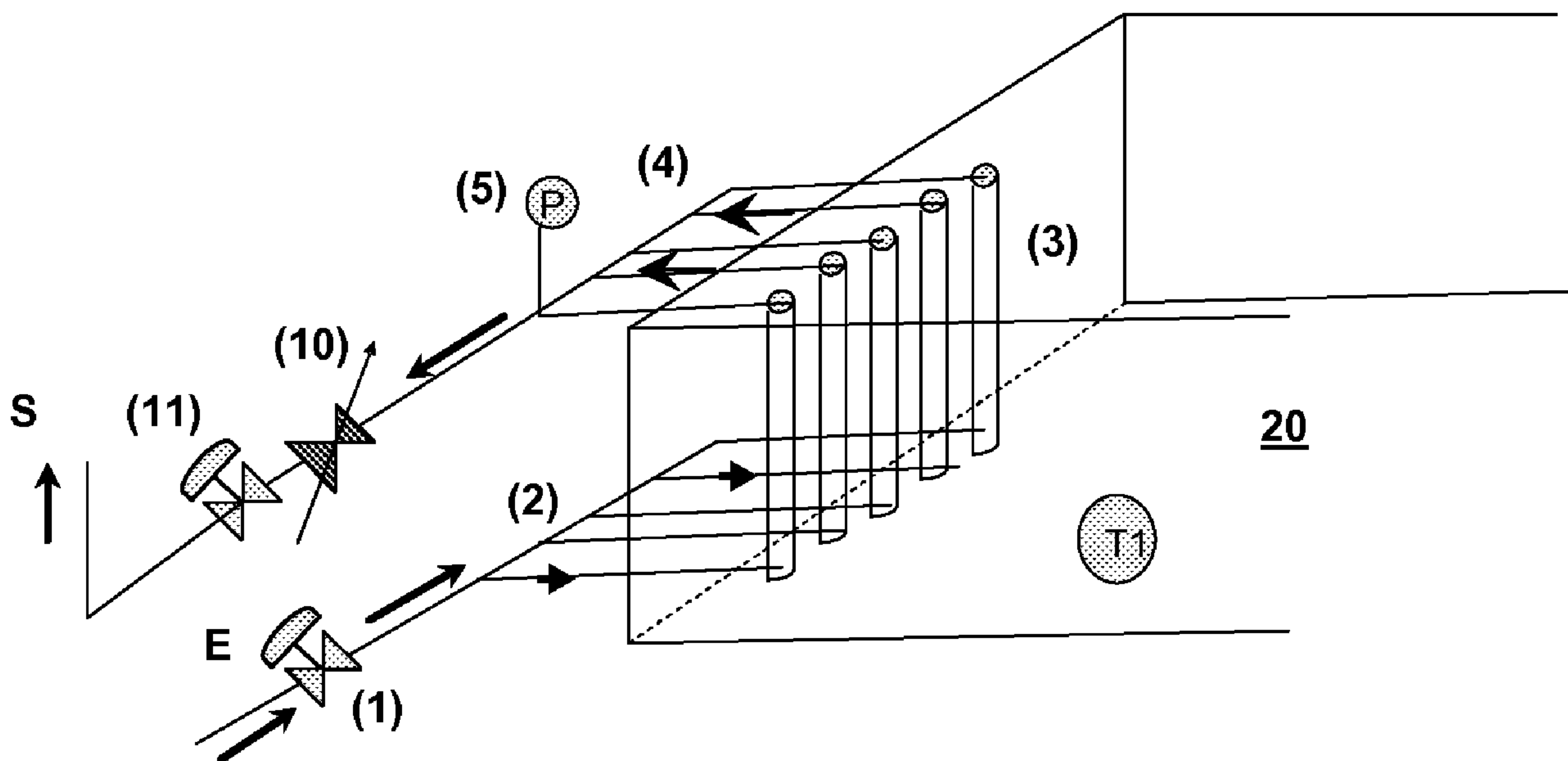


Figure 3

(57) Abrégé/Abstract:

L'invention concerne une méthode de gestion de l'alimentation en liquide cryogénique d'un camion (20) de transport de produits thermosensibles, camion mettant en oeuvre un procédé mettant en oeuvre ledit liquide cryogénique pour transférer des frigories aux produits, procédé du type dit à injection indirecte où le liquide est envoyé dans un système d'échangeur thermique situé à l'intérieur du camion, où il s'évapore, le transfert de froid aux produits passant par un échange entre l'atmosphère environnant les produits et les parois froides du système d'échangeur thermique, se caractérisant en ce que le système d'échangeur est alimenté en liquide cryogénique par la mise en oeuvre des mesures suivantes: - on dispose, en amont du système d'échangeur, d'une vanne tout ou rien amont (1), normalement fermée; - on dispose, en aval du système d'échangeur, d'une vanne analogique proportionnelle (10), normalement ouverte; - on dispose, en aval de la vanne analogique, d'une vanne tout ou rien aval (11), normalement ouverte.



(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
21 juin 2012 (21.06.2012)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/080600 A1(51) Classification internationale des brevets :
F25B 19/00 (2006.01) F25B 41/04 (2006.01)
F25D 3/10 (2006.01)(74) Mandataire : MELLUL-BENDELAC, Sylvie; L'air Li-
quide S.A., Direction de la Propriété Intellectuelle, 75,
Quai d'Orsay, F-75321 Paris Cedex 07 (FR).(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2011/052444(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.(22) Date de dépôt international :
19 octobre 2011 (19.10.2011)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1060612 16 décembre 2010 (16.12.2010) FR(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : L'AIR
LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME POUR L'ÉTUDE ET
L'EXPLOITATION DES PROCÉDES GEORGES
CLAUDE [FR/FR]; 75, Quai d'Orsay, F-75007 Paris (FR).(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasiatique (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : ZERBI-
NATTI, Celso [BR/FR]; 20, rue Mathilda Gray, F-78530
Buc (FR). JOUVAUD, Dominique [FR/FR]; 11, rue Em-
manuel Chauvière, F-75015 Paris (FR). RAMES-LAN-
GLADE, Géraldine [FR/FR]; 61 bis rue Joseph Bertrand,
F-78220 Viroflay (FR).

[Suite sur la page suivante]

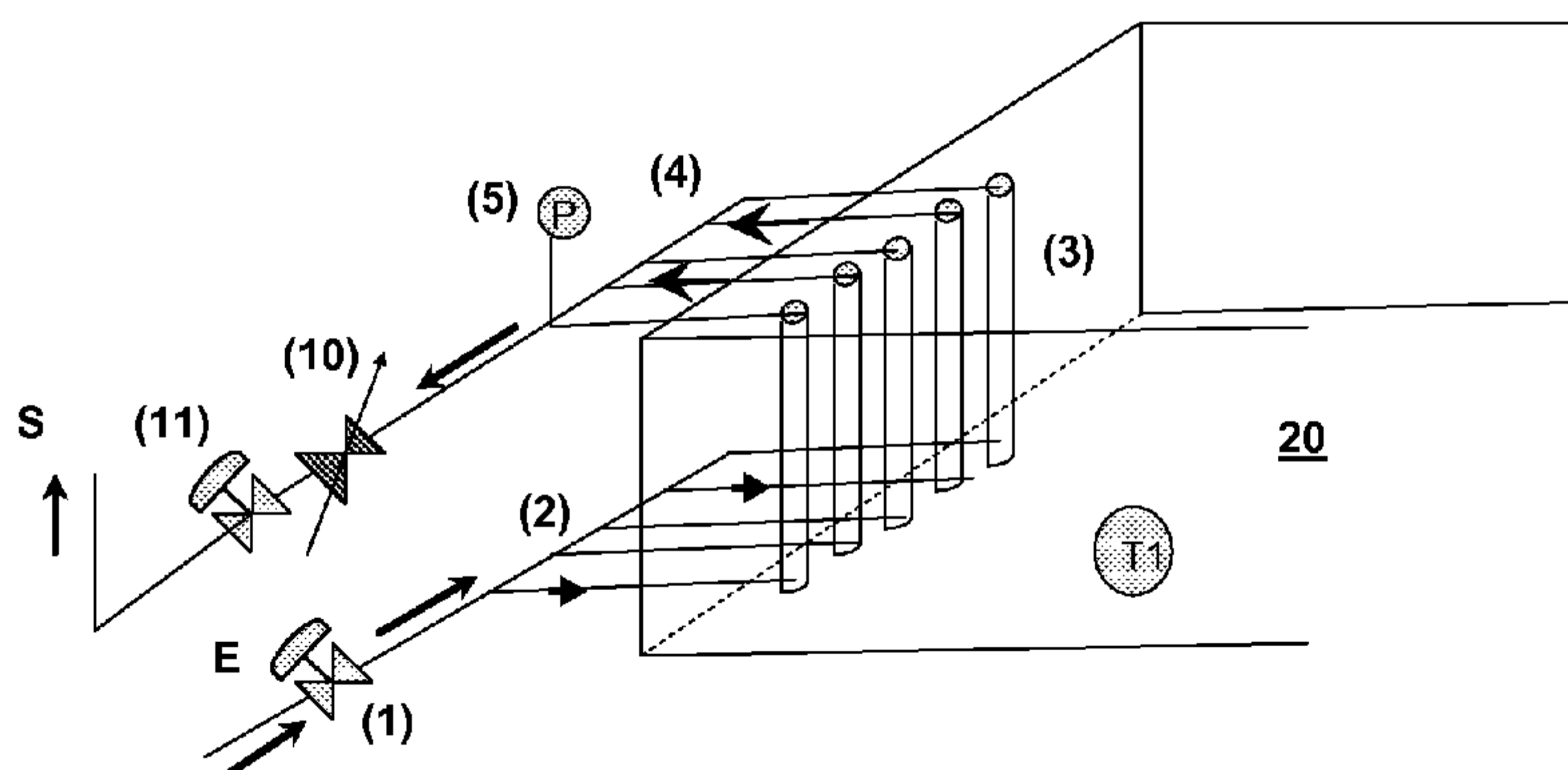
(54) Title : INDIRECT-INJECTION METHOD FOR MANAGING THE SUPPLY OF CRYOGENIC LIQUID TO A TRUCK FOR
TRANSPORTING HEAT-SENSITIVE MATERIALS(54) Titre : Méthode de gestion de l'alimentation en liquide cryogénique d'un camion de transport de produits thermosensibles fonc-
tionnant en injection indirecte

Figure 3

(57) Abstract : The invention relates to a method for managing the supply of cryogenic liquid to a truck (20) for transporting heat-
sensitive materials, said truck implementing a method using said cryogenic liquid to transfer negative calories to the materials. Said
method is a so-called indirect-injection method in which the liquid is fed into a heat-exchanger system located inside the truck,
where said liquid evaporates. The transfer of cold to the materials is achieved by means of an exchange between the atmosphere sur-
rounding the materials and the cold walls of the heat-exchanger system, characterized in that the heat-exchanger system is supplied
with cryogenic liquid by implementing the following measures: an upstream two-position valve (1), generally closed, is placed ups-
tream from the heat-exchanger system; a proportional analog valve (10), generally open, is placed downstream from the heat-exchan-
ger system; and a downstream two-position valve (11), generally open, is placed downstream from the analog valve.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2012/080600 A1 

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)*

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

L'invention concerne une méthode de gestion de l'alimentation en liquide cryogénique d'un camion (20) de transport de produits thermosensibles, camion mettant en œuvre un procédé mettant en œuvre ledit liquide cryogénique pour transférer des frigories aux produits, procédé du type dit à injection indirecte où le liquide est envoyé dans un système d'échangeur thermique situé à l'intérieur du camion, où il s'évapore, le transfert de froid aux produits passant par un échange entre l'atmosphère environnant les produits et les parois froides du système d'échangeur thermique, se caractérisant en ce que le système d'échangeur est alimenté en liquide cryogénique par la mise en œuvre des mesures suivantes: - on dispose, en amont du système d'échangeur, d'une vanne tout ou rien amont (1), normalement fermée; - on dispose, en aval du système d'échangeur, d'une vanne anagogique proportionnelle (10), normalement ouverte; - on dispose, en aval de la vanne analogique, d'une vanne tout ou rien aval (11), normalement ouverte.

**Méthode de gestion de l'alimentation en liquide cryogénique d'un camion
de transport de produits thermosensibles fonctionnant en injection
indirecte**

5 La présente invention concerne le domaine du transport frigorifique de produits thermosensibles, tels les produits pharmaceutiques et les produits alimentaires, en camions frigorifiques.

 Le transport frigorifique est un maillon incontournable de la chaîne du froid on le sait, et la fiabilité de ce maillon repose sur la qualité de
10 refroidissement que peut offrir le système de production de froid embarqué sur le camion et ceci pendant toutes les étapes intervenant dans ce maillon, depuis le chargement des produits jusqu'à leur livraison à la destination finale.

 A titre illustratif, il est donc impératif que les installations frigorifiques des camions soient capables de maintenir, dans une ou certaines des
15 chambres isolées du camion, une température adéquate, typiquement comprise entre -10 et -25°C pour les produits surgelés, et typiquement comprise entre 0 et 12°C pour les produits frais, ceci pendant toutes les étapes subies.

 Les groupes de production de froid les plus répandus aujourd'hui dans
20 le transport frigorifique par camion sont des groupes frigorifiques dont le fonctionnement est basé sur la technologie du cycle à compression de vapeur. Ces groupes frigorifiques utilisent un fluide frigorigène qui, par un cycle de compression/détente, génère des frigories qui sont envoyées dans la chambre par des ventilateurs. Un moteur thermique utilisant du carburant permet
25 d'apporter l'énergie nécessaire pour la mise en route du compresseur du système. Ces groupes de production de froid très couramment employés présentent néanmoins les inconvénients suivants:

- 1) la présence de pièces en mouvement conduit à des pannes fréquentes; ce qui réduit la rentabilité du système
- 30 2) ils génèrent des nuisances sonores non négligeables
- 3) ils utilisent des combustibles fossiles et par conséquent, émettent des quantités importantes de CO₂.

Mais de nouvelles techniques plus respectueuses de l'environnement sont apparues sur le marché ; il s'agit de procédés utilisant des liquides cryogéniques comme source de fluide réfrigérant. Ainsi, des sociétés commercialisent le procédé dit « à injection directe » (on dit aussi CTD dans
5 cette industrie) dans lequel un liquide cryogénique tel l'azote liquide est pulvérisé directement dans la ou les chambres à refroidir. Ce procédé simple, génère cependant un risque d'anoxie pour le conducteur lors du chargement ou du déchargement des chambres car l'azote est injecté directement dans les
10 chambres et réduit par conséquent la concentration en oxygène de l'atmosphère. La gestion de la sécurité requière alors des barrières physique et logique complexes, mais qui peuvent s'avérer néanmoins de faible fiabilité.

D'autres acteurs de ce domaine proposent un autre procédé dit « à injection indirecte » (on dit aussi CTI dans cette industrie) qui met en œuvre dans le camion (dans l'espace de stockage des produits) un ou plusieurs
15 échangeur(s) thermiques, dans lesquels circule un fluide cryogénique tel l'azote liquide, l'enceinte étant par ailleurs munie d'un système de circulation d'air (ventilateurs) mettant en contact cet air avec les parois froides de l'échangeur, ce qui permet ainsi de refroidir l'air interne à l'espace de stockage des produits.

L'azote liquide introduit dans les échangeurs libère ainsi des frigories
20 en passant à l'état gazeux puis s'échappe à l'extérieur du camion. Dans ce procédé, l'azote liquide n'est ainsi jamais injecté directement dans les chambres ; la chambre reste remplie d'air pendant toute l'opération, le risque d'anoxie est donc considérablement réduit voire inexistant théoriquement (sous
25 réserve de fuites).

Cependant, l'utilisation de ce procédé, bien qu'étant plus sécurisant que le précédent se révèle plus complexe à mettre en œuvre et peut nécessiter généralement des consommations d'azote plus élevées pour atteindre des performances techniques équivalentes.

30

A l'heure actuelle, dans les procédés existant d'injection indirecte, l'admission de la quantité d'azote nécessaire à l'abaissement de la température

de la chambre et au maintien de cette température dans le temps est gérée par des vannes dites « tout ou rien » (TOR dans ce qui suit), c'est à dire qui sont soit 100% ouvertes, soit 100% fermées, tant à l'entrée vers le camion (pour être plus précis en amont de la chambre froide de stockage des produits, la

5 vanne TOR se trouve en dehors de cette chambre, en dehors du camion) qu'en sortie de gaz du camion (en aval de la chambre froide de stockage des produits). La consommation d'azote du procédé est donc directement liée au débit d'azote capable de passer dans les échangeurs et dans le circuit d'alimentation (capacité qui n'est donc pas un paramètre ajustable) et à la

10 durée d'ouverture des vannes.

Or on l'a vu plus haut le procédé CTI est un procédé complexe, dont l'efficacité dépend des échanges thermiques organisés avec l'air ambiant interne à l'enceinte. L'utilisation de vannes TOR ne contribue pas à permettre l'optimisation des phénomènes.

15 Un des objectifs de la présente invention est alors de proposer une nouvelle gestion de l'alimentation en cryogène d'un tel procédé d'injection indirecte, permettant notamment d'optimiser la quantité de cryogène (par exemple d'azote liquide) nécessaire à l'abaissement de la température de l'air

20 interne aux chambres en deçà d'une consigne requise, et au maintien de ces conditions durant les différentes phases requises du transport.

Comme on le verra plus en détail dans ce qui suit, la présente invention propose la mise en œuvre, en sortie de circuit (en aval du ou des échangeurs) d'une vanne analogique, normalement ouverte, qui autorise l'ouverture, la

25 fermeture et la régulation de la quantité de fluide alimentant les échangeurs (vanne proportionnelle, électrovanne, voire Régulateur de Débit Massique (RDM) même si les RDM représentent des dispositifs coûteux....).

Mais détaillons tout d'abord dans ce qui suit le fonctionnement actuel de

30 tels transports frigorifiques utilisant une injection indirecte (CTI), et notamment le fonctionnement des vannes TOR qui actuellement sont présentes à l'entrée

dans le circuit (en amont des échangeurs) et à la sortie du circuit (en aval des échangeurs), ceci afin de mieux en comprendre les inconvénients.

La description suivante sera faite en liaison avec la figure 1 ci-après annexée, qui est une représentation schématique partielle d'une telle installation CTI conforme à la pratique actuelle (art antérieur).

Comme mentionné ci-dessus, la régulation de la quantité de cryogène, par exemple d'azote liquide, alimentant un tel procédé CTI (chambre 20 interne au camion, équipée d'échangeurs 3) se fait aujourd'hui à l'aide d'au moins deux vannes tout ou rien (TOR) 1 et 6, une en entrée et une en sortie, le procédé comprend alors au moins les éléments suivants, vus dans l'ordre suivant :

- un réservoir d'azote liquide (non représenté sur la figure 1),
- une vanne TOR 1 en entrée, normalement fermée, qui autorise l'alimentation en cryogène, par exemple en azote, du circuit ;
- un moyen de répartition de l'azote liquide (par exemple de type clarinette, « 2 » sur la figure),
- des évaporateurs 3 (ou échangeurs thermiques) internes au camion,
- une clarinette 4 de collecte de l'azote gazeux sortant des échangeurs,
- un capteur de pression 5,
- une vanne TOR 6 en sortie, normalement ouverte,
- une canalisation de diamètre donné qui relie ces éléments.

Dans la chambre 20 on trouve de plus :

- des systèmes de ventilations (non représentés sur la figure pour des raisons de clarté mais on les visualisera mieux dans le cadre de la figure 2 annexée) positionnés au niveau des échangeurs dont les débits sont régulés, permettant d'intensifier les échanges thermiques entre l'air ambiant de la chambre et les échangeurs (en aspirant l'air au travers des échangeurs et en le

forçant à être en contact avec les échangeurs) et d'homogénéiser la température de l'air interne à la chambre.

Une sonde de température (T1) gère l'ouverture et la fermeture de la vanne d'entrée TOR 1; elle est située par exemple en entrée du parcours de l'air dans les échangeurs et mesure la température de l'air de la chambre avant son refroidissement au sein des échangeurs.

Pour chaque chambre supplémentaire, on ajoute un nouveau circuit d'alimentation comprenant par exemple une vanne TOR en entrée normalement fermée, des échangeurs thermiques, une vanne TOR de sortie normalement ouverte etc.... (un exemple de situation à deux chambres et de position des sondes de température est illustré grâce à la figure 2 annexée).

La réfrigération dans le mode TOR antérieur se déroule typiquement en deux phases :

1- Au démarrage ou après une ouverture de porte, on adopte un mode de descente rapide en température.

2- Une fois la température de consigne atteinte (sonde T1 dans la chambre), on adopte un mode de contrôle/régulation qui permet de maintenir la température de la chambre à la valeur de la consigne.

Le fonctionnement du procédé CTI en ce mode TOR est typiquement le suivant : lorsque la température T1 mesurée est supérieure à la température de consigne la vanne d'entrée 1 s'ouvre (la vanne de sortie 6 étant par défaut déjà ouverte) permettant ainsi l'alimentation des échangeurs en cryogène. L'azote liquide se transformant en gaz libère des frigories qui sont absorbées par l'air en contact avec ces échangeurs. Les ventilateurs récupèrent cet air refroidi pour le faire circuler dans la chambre. L'azote gazeux est ensuite rejeté à l'extérieur de la chambre dans l'atmosphère environnante. Lorsque la température T1 mesurée atteint la température de consigne, la vanne d'entrée 1 se ferme, arrêtant ainsi l'alimentation des échangeurs en cryogène et donc le refroidissement de l'air interne à la chambre. La réduction de la température de la chambre et son maintien sont obtenus par des cycles d'ouverture et de fermeture de la vanne 1. La fréquence et la durée d'ouverture de la vanne 1

seront plus élevées lors de la phase de descente rapide que lors de la phase de contrôle/régulation. Lorsque la vanne 1 s'ouvre, quelle que soit la phase considérée, le débit de cryogène introduit dans les échangeurs thermiques dépendra uniquement de la pression d'azote du réservoir et des pertes de charge des différents composants de l'installation. Par conséquent, ce débit de cryogène est lié à la conception du système et est, pour une installation donnée, identique à chaque ouverture de vanne et ceci quelle que soit la phase du procédé.

En d'autres termes, le débit d'azote n'étant pas ajustable, la quantité d'azote n'est pas optimisée ; ce qui entraîne une surconsommation d'azote.

Ce flux discontinu d'azote et le temps de réaction d'ouverture et de fermeture de la vanne conduisent également à une amplitude élevée de la température de l'air de la chambre ; ce qui n'est pas satisfaisant.

De plus, lorsque la vanne d'entrée 1 est fermée, l'azote qui se trouve en amont de cette vanne, se réchauffe et conduit à une augmentation de la pression du réservoir. Lorsque la vanne d'entrée s'ouvre de nouveau, une partie de l'azote va être utilisé pour refroidir la canalisation d'alimentation d'azote ; ce qui réduit le rendement thermique des évaporateurs.

D'autre part, la pression élevée de l'azote dans le réservoir va provoquer à chaque cycle d'ouverture et de fermeture de la vanne une fluctuation importante de la pression de l'azote à l'intérieur de la canalisation.

Or, cette fluctuation présente un inconvénient majeur en termes de sécurité et plus particulièrement au niveau de la détection de fuites d'azote dans la chambre. Comme déjà mentionné, dans ce procédé CTI, l'azote n'est pas injecté dans les chambres mais est véhiculé dans des canalisations courant de la source d'azote liquide aux évaporateurs et des évaporateurs à l'échappement vers l'extérieur; les évaporateurs et une partie de ces canalisations se trouvant à l'intérieur des chambres, le risque d'anoxie est alors lié uniquement à l'apparition d'une fuite d'azote dans la chambre provenant par exemple soit d'une rupture franche, soit d'une rupture partielle de ces canalisations, soit encore d'un raccord ou d'une soudure fuyards.

L'apparition d'une fuite est aujourd'hui détectée par une chute de la pression (mesurée par exemple à l'aide du capteur de pression 5 placé en aval des échangeurs) qui entraîne automatiquement l'arrêt du procédé en fermant la vanne d'entrée 1. Cependant, du fait que la pression de l'azote gazeux fluctue du fait de l'utilisation d'une vanne d'entrée de type TOR, et pour éviter d'arrêter le système inopinément, de façon intempestive, injustifiée, la détection de la fuite par une chute de la pression ne se fait couramment qu'à partir d'une certaine diminution de la pression. On le voit donc, l'utilisation de vannes TOR implique une variation de la pression telle que seules les fuites d'un certain débit pourront être détectées ; les fuites d'un débit inférieur ne pourront pas être détectées alors qu'elles peuvent également entraîner une réduction de la teneur en oxygène dans la chambre et conduire à un risque d'anoxie. Dans le procédé CTI en mode TOR, la détection de fuites est donc peu efficace, peu réactive et peu précise.

15

Un des objectifs de la présente invention est alors de proposer une nouvelle gestion de l'alimentation en cryogène d'un tel procédé d'injection indirecte, permettant notamment d'apporter une solution aux inconvénients de l'art antérieur décrits ci-dessus, et notamment de permettre une détection des fuites de gaz intervenant dès l'apparition de niveaux les plus faibles de fuites.

20

L'invention concerne alors une méthode de gestion de l'alimentation en liquide cryogénique d'un camion de transport de produits thermosensible, camion mettant en œuvre un procédé implémentant ledit liquide cryogénique pour transférer des frigories aux produits, procédé du type dit à injection indirecte où le liquide est envoyé dans un système d'échangeur thermique situé à l'intérieur du camion, où il s'évapore, le transfert de froid aux produits passant par un échange entre l'atmosphère environnant les produits et les parois froides du système d'échangeur thermique, se caractérisant en ce que le système d'échangeur est alimenté en liquide cryogénique par la mise en œuvre des mesures suivantes :

25
30

- on dispose, en amont du système d'échangeur, d'une vanne tout ou rien amont, normalement fermée ;

- on dispose, en aval du système d'échangeur, d'une vanne analogique proportionnelle, normalement ouverte ;

- on dispose, en aval de la vanne analogique, d'une vanne tout ou rien aval, normalement ouverte.

5

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement dans la description suivante, donnée à titre illustratif mais nullement limitatif, faite en relation avec les dessins annexés pour lesquels :

10 - la figure 1 est une représentation schématique partielle d'une installation CTI conforme à la pratique actuelle (art antérieur).

15 - la figure 2 est une représentation schématique de la caisse interne à un camion de transport selon l'art antérieur, comportant ici deux chambres de stockage de produits, et permettant notamment de mieux visualiser le fonctionnement des échangeurs et la position des sondes de température T1.

- la figure 3 est une représentation schématique partielle d'une installation CTI conforme à la présente invention.

20 On a déjà décrit en détail ci-dessus le mode de la figure 1, pour expliquer le fonctionnement et les inconvénients des modes de fonctionnement actuels du CTI à bases de vannes TOR en entrée et en sortie, on n'y reviendra donc pas ici.

25 La figure 2 permet quant à elle de mieux visualiser le détail d'un exemple de caisse interne à un camion de transport (en vue de coté), comportant ici deux chambres de stockage de produits (par exemple une chambre pour des produits frais et une autre chambre pour des produits congelés), et permettant notamment de mieux visualiser le fonctionnement des
30 échangeurs et la position des sondes de température T1 pour le mode exemplifié ici.

Pour chaque chambre on dispose en amont d'une vanne TOR en entrée, normalement fermée (« NF »), chaque chambre est munie d'échangeurs thermiques (verticaux pour la chambre 1, horizontaux en haut de caisse pour la chambre 2), où circule le cryogène en provenance du réservoir situé sous le camion, les flux de gaz obtenus en sortie de chaque chambre sont envoyés vers une canalisation de rassemblement, munie ici d'une unique vanne TOR de sortie normalement ouverte (« NO »).

Et on visualise bien ici un mode de réalisation où dans chaque chambre on dispose d'une sonde de température (T1) qui gère l'ouverture et la fermeture de chaque vanne d'entrée TOR; elle est située :

- pour la chambre 1 en entrée du parcours de l'air dans les échangeurs (les ventilateurs 21 étant situés de l'autre côté des échangeurs et aspirant vers eux l'air au travers des échangeurs), la sonde mesurant donc la température de l'air de la chambre avant son refroidissement au sein des échangeurs ;
- pour la chambre 2 ici encore en entrée du parcours de l'air dans les échangeurs considérés i.e. sensiblement au niveau des ventilateurs 21 qui ici poussent l'air à l'intérieur des échangeurs.

On reconnaît sur la figure 3, qui illustre, elle, en vue partielle un mode de réalisation conforme à l'invention, les éléments suivants, vus dans l'ordre suivant :

- un réservoir d'azote liquide (non représenté sur la figure 3),
- une vanne TOR 1 en entrée, normalement fermée, qui autorise l'alimentation en cryogène, par exemple en azote, du système d'échangeur 3 (constitué pour ce mode de réalisation de plusieurs échangeurs verticaux en parallèle, mais ceci n'est qu'une des nombreuses configurations d'échangeurs pratiquées couramment dans cette industrie) ;
- un moyen de répartition de l'azote liquide (par exemple de type clarinette, « 2 » sur la figure),
- les évaporateurs 3 (ou échangeurs thermiques) internes au camion,

- une clarinette 4 de collecte de l'azote gazeux sortant des échangeurs,

- un capteur de pression 5,

- une vanne analogique proportionnelle 10, normalement ouverte, qui autorise l'ouverture, la fermeture et la régulation de l'alimentation des échangeurs 3 ;

- une vanne TOR 11 en sortie (en aval de la vanne proportionnelle), normalement ouverte,

- une canalisation de diamètre donné qui relie ces éléments.

10

On ne redétaillera pas ici les systèmes de ventilation positionnés au niveau des échangeurs ainsi que la présence de la sonde de température (T1) apte à mesurer la température de l'air interne à la chambre de stockage des produits.

15

Selon l'un des modes de mise en œuvre de la présente invention, la gestion de l'alimentation en cryogène des échangeurs comporte ici aussi deux phases :

1- un mode de descente rapide en température, typiquement au démarrage ou après une ouverture de porte,

20

2- un mode de contrôle/régulation : une fois la température de consigne atteinte (sonde T1 dans la chambre), mode qui permet de maintenir la température de la chambre à la valeur de la consigne.

25

La gestion de l'alimentation est basée sur le pourcentage d'ouverture de la vanne proportionnelle 10, en fonction de la température de l'air de la chambre (T1) et de la température de consigne recherchée (Tconsigne).

30

Lors de la phase de descente rapide en température, la température mesurée (T1) est nettement supérieure à la consigne (Tconsigne), on ordonne alors à la vanne proportionnelle 10 de s'ouvrir (pourcentage d'ouverture proche de 100%), les évaporateurs sont alors alimentés en azote avec un débit maximal et libère des frigories qui sont absorbées par l'air de la chambre. Puis, au fur et à mesure que T1 s'approche de Tconsigne, on ordonne à la vanne

proportionnelle de se fermer, petit à petit, contrôlant ainsi la quantité d'azote liquide introduit dans les évaporateurs et donc la quantité de frigories.

Puis, en phase de contrôle/régulation, lorsque T1 a atteint la Tconsigne, le pourcentage de la vanne proportionnelle s'ajuste de façon à maintenir T1 à la valeur souhaitée.

Sans qu'il soit nécessaire de détailler plus avant, on utilise ici des moyens d'acquisition et de traitement de données (par exemple un automate...), pour acquérir toutes les données nécessaires (et notamment les données de pression, de température interne à la chambre etc...) et pour retroagir en donnant des ordres au système, notamment pour fermer telle ou telle vanne, ou pour faire varier le taux d'ouverture de la vanne 10.

On contrôle donc la quantité d'azote liquide introduit dans les évaporateurs en fonction de la température interne à la chambre ce qui permet d'optimiser la consommation d'azote du procédé CTI.

Ce mode de régulation optimisée reste simple à mettre en œuvre, peu coûteux, peu volumineux (donc facile à intégrer à une installation existante) tout en garantissant les performances thermiques requises pour garantir la chaîne du froid.

La régulation présentée ici présente par ailleurs les avantages suivants :

- elle permet de détecter des fuites plus petites et donc d'assurer un meilleur niveau de sécurité ;
- elle permet d'accroître la flexibilité du procédé et plus particulièrement celle de la phase de descente rapide.

Détaillons dans ce qui suit les raisons de tels avantages.

- En effet, le fonctionnement de cette régulation étant basé sur le pourcentage d'ouverture de la vanne 10, le flux d'azote dans le circuit d'alimentation des évaporateurs est quasi continu, et par conséquent, la pression dans le circuit est beaucoup plus stable (par rapport à ce que nous avons signalé plus haut dans la description de l'art antérieur). Ainsi, la

détection d'une fuite par une chute de pression (comme expliqué précédemment) pourra se faire pour une chute de pression bien plus faible que dans le mode de régulation TOR de l'art antérieur, ce qui signifie que des fuites de débits plus faibles pourront être décelées. Ce mode de régulation avec une

5 vanne proportionnelle permet donc de couvrir une plage de débits de fuite beaucoup plus large que dans le mode de régulation TOR antérieur.

- D'autre part, lors de la phase de descente rapide, en jouant sur le pourcentage d'ouverture de la vanne proportionnelle, on peut contrôler la durée de cette phase de descente rapide : à titre illustratif, après une

10 ouverture de porte, on peut utiliser une ouverture totale de la vanne proportionnelle 10, permettant une descente très rapide en température, tandis que la mise en œuvre d'un pourcentage d'ouverture de la vanne proportionnelle élevé mais inférieur à 100% permettra d'atteindre la température de consigne en un temps certes plus long mais avec une

15 consommation d'azote optimisée, permettant en résumé de s'adapter à toutes les situations d'utilisateur.

Les tests de fuites d'une installation telle que celle de la figure 3 utilisent les deux vannes TOR 1 et 11, selon des procédures de détection par ailleurs classiques pour l'homme du métier, où l'on met en pression la portion

20 d'installation entre les deux vannes TOR, et où l'on observe la chute de pression éventuelle se produisant, ceci selon des protocoles qui peuvent varier, tels que dirigés par le cerveau (automate) régissant le contrôle de procédé de l'installation, par exemple (à titre purement illustratif) :

- l'enfermement d'une certaine pression P entre les deux TOR à l'instant

25 t_0 , et la mesure (capteur 5) de la pression P' à l'instant $t_0 + \Delta t$;

- l'application pour une installation donnée, de deux protocoles :

-- > l'enfermement d'une certaine pression P entre les deux TOR à l'instant t_0 , et la mesure (capteur 5) de la pression P' à l'instant $t_0 + \Delta t$, $\Delta t = 1$ minute, le test étant pratiqué automatiquement toutes les 10 minutes ;

-- > l'enfermement d'une certaine pression P entre les deux TOR à l'instant t_0 , et la mesure (capteur 5) de la pression P' à l'instant $t_0 + \Delta t$, $\Delta t = 10$ minutes, le test étant pratiqué automatiquement toutes les 24 heures.

etc...de nombreux autres protocoles possibles pourraient être cités.

5

L'invention recommande donc la mise en œuvre, en aval du système d'échangeur, d'une vanne analogique proportionnelle, normalement ouverte.

Comme il apparaîtra clairement à l'homme du métier, on pourrait également envisager d'utiliser, en lieu et place de cette vanne proportionnelle
10 10, une vanne TOR « intelligente », c'est-à-dire par exemple équipée soit d'une régulation PID, soit d'un orifice calibré. Mais ces solutions très simples et peu coûteuses ne sont pas aussi efficaces qu'une vanne proportionnelle. En effet, une régulation PID sur une vanne TOR permettra d'optimiser la fréquence d'ouverture et de fermeture de la vanne mais le débit de cryogène délivré
15 restera identique pour chaque ouverture, on ne pourra pas le faire varier.

L'orifice calibré, lui, permettra de limiter le débit de cryogène délivré, mais là encore il ne permettra pas de le faire varier, il ne permettra aucune optimisation.

20

Revendications

1. Méthode de gestion de l'alimentation en liquide cryogénique d'un camion (20) de transport de produits thermosensible, camion mettant en œuvre un procédé implémentant ledit liquide cryogénique pour transférer des frigories aux produits, procédé du type dit à injection indirecte où le liquide est envoyé dans un système d'échangeur thermique (3) situé à l'intérieur du camion, où il s'évapore, le transfert de froid aux produits passant par un échange entre l'atmosphère environnant les produits et les parois froides du système d'échangeur thermique, se caractérisant en ce que le système d'échangeur est alimenté en liquide cryogénique par la mise en œuvre des mesures suivantes :
- on dispose, en amont du système d'échangeur, d'une vanne (1) tout ou rien amont, normalement fermée ;
 - on dispose, en aval du système d'échangeur, d'une vanne analogique proportionnelle (10), normalement ouverte ;
 - on dispose, en aval de la vanne analogique (10), d'une vanne tout ou rien aval (11), normalement ouverte.
2. Installation d'alimentation en liquide cryogénique d'un camion (20) de transport de produits thermosensible, camion mettant en œuvre un procédé implémentant ledit liquide cryogénique pour transférer des frigories aux produits, procédé du type dit à injection indirecte où le liquide est envoyé dans un système d'échangeur thermique (3) situé à l'intérieur du camion, où il s'évapore, le transfert de froid aux produits passant par un échange entre l'atmosphère environnant les produits et les parois froides du système d'échangeur thermique, se caractérisant en ce qu'elle comprend :
- une vanne (1) tout ou rien amont, normalement fermée, disposée en amont du système d'échangeur,
 - une vanne analogique proportionnelle (10), normalement ouverte, disposée en aval du système d'échangeur;
 - une vanne tout ou rien aval (11), normalement ouverte, disposée en aval de la vanne analogique.

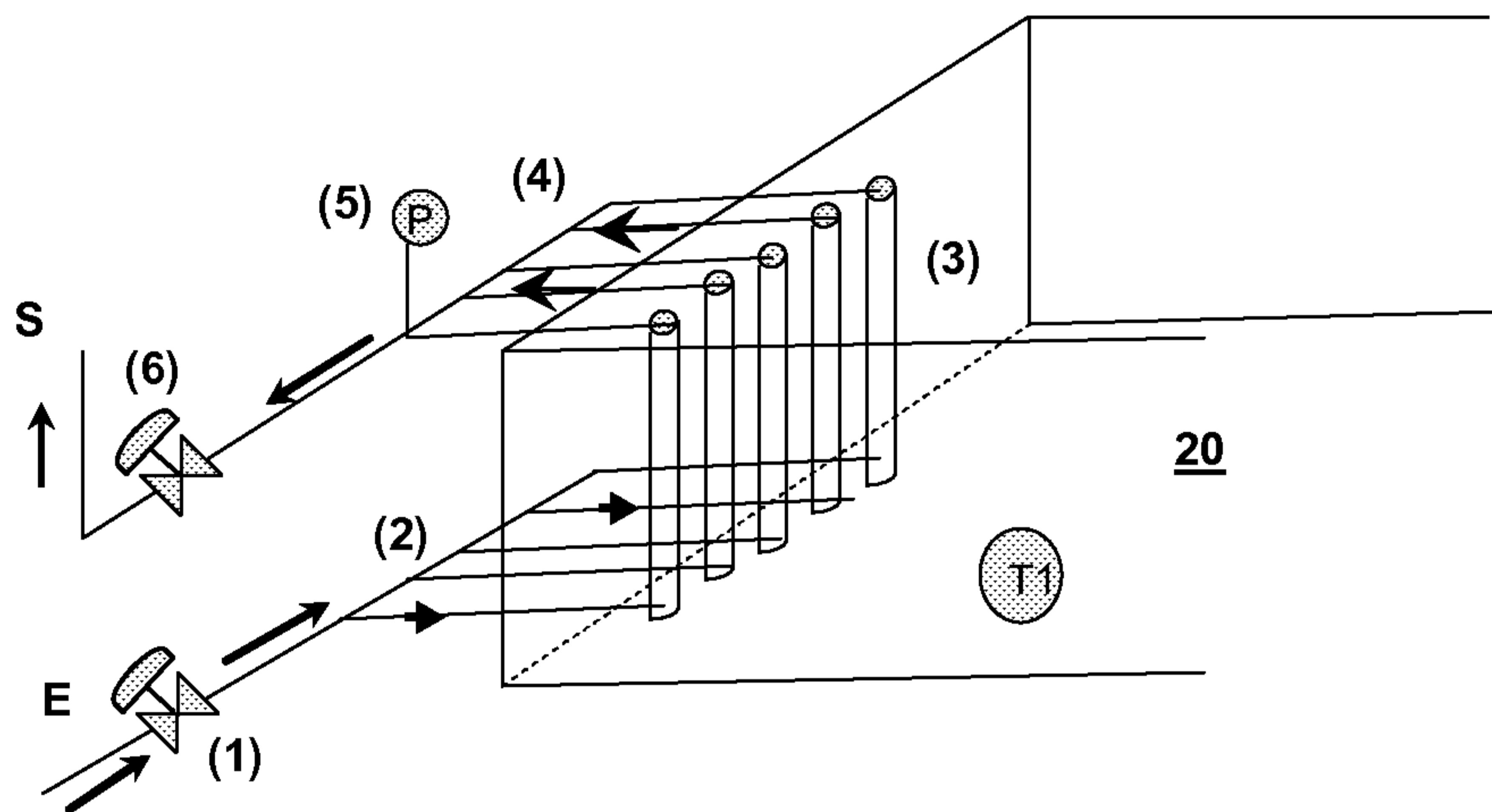


Figure 1

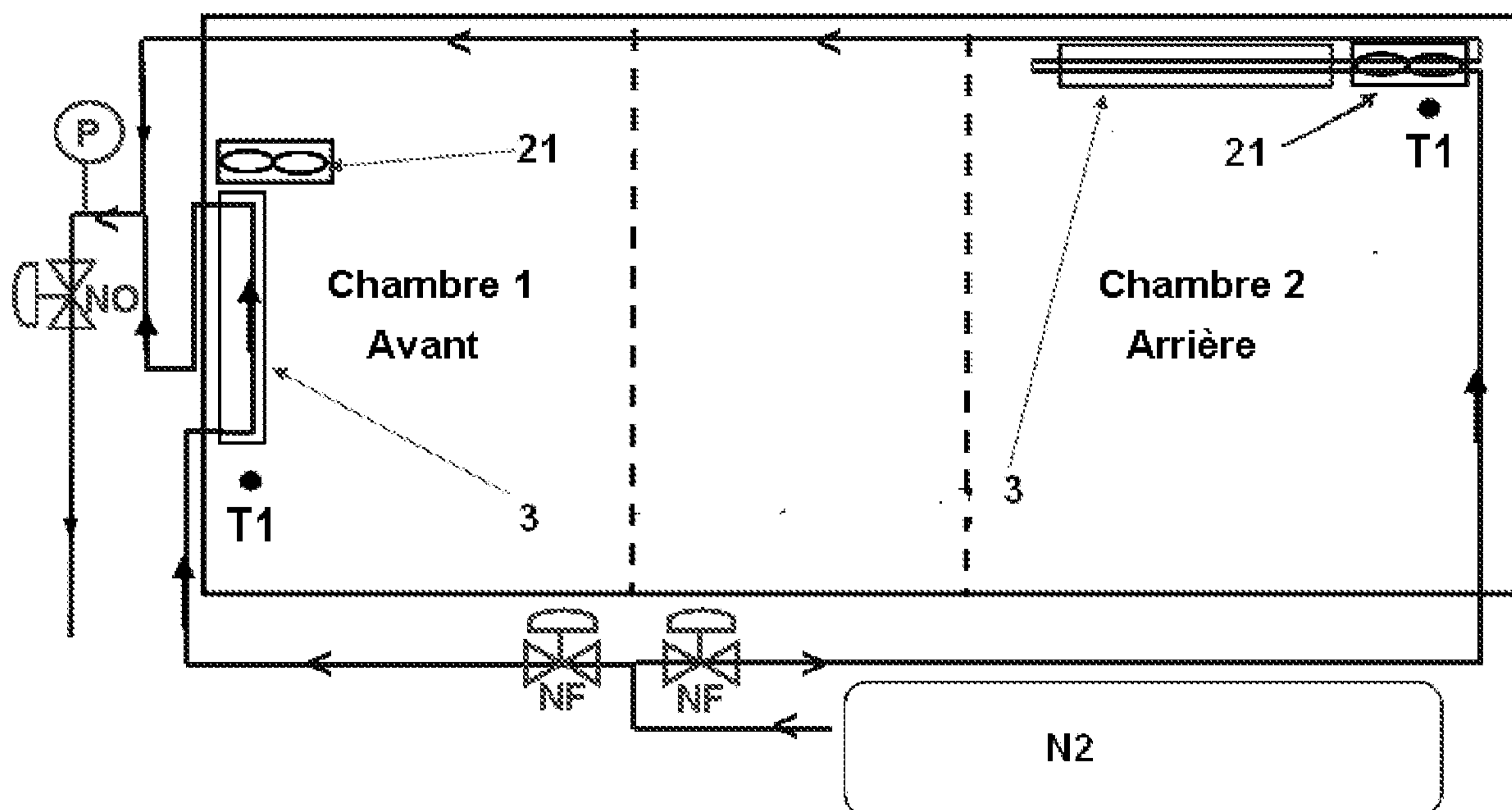
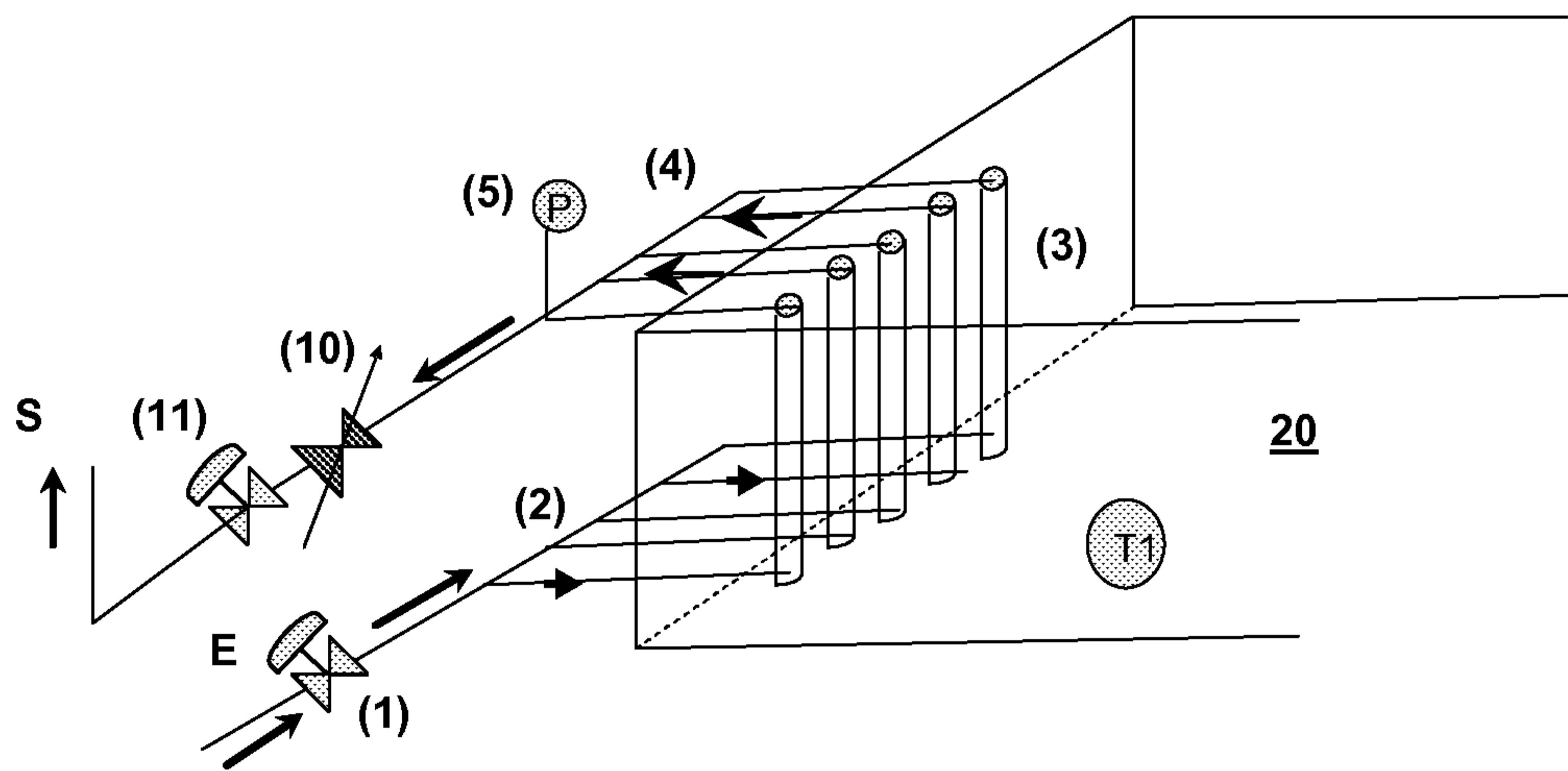


Figure 2

2/2

**Figure 3**

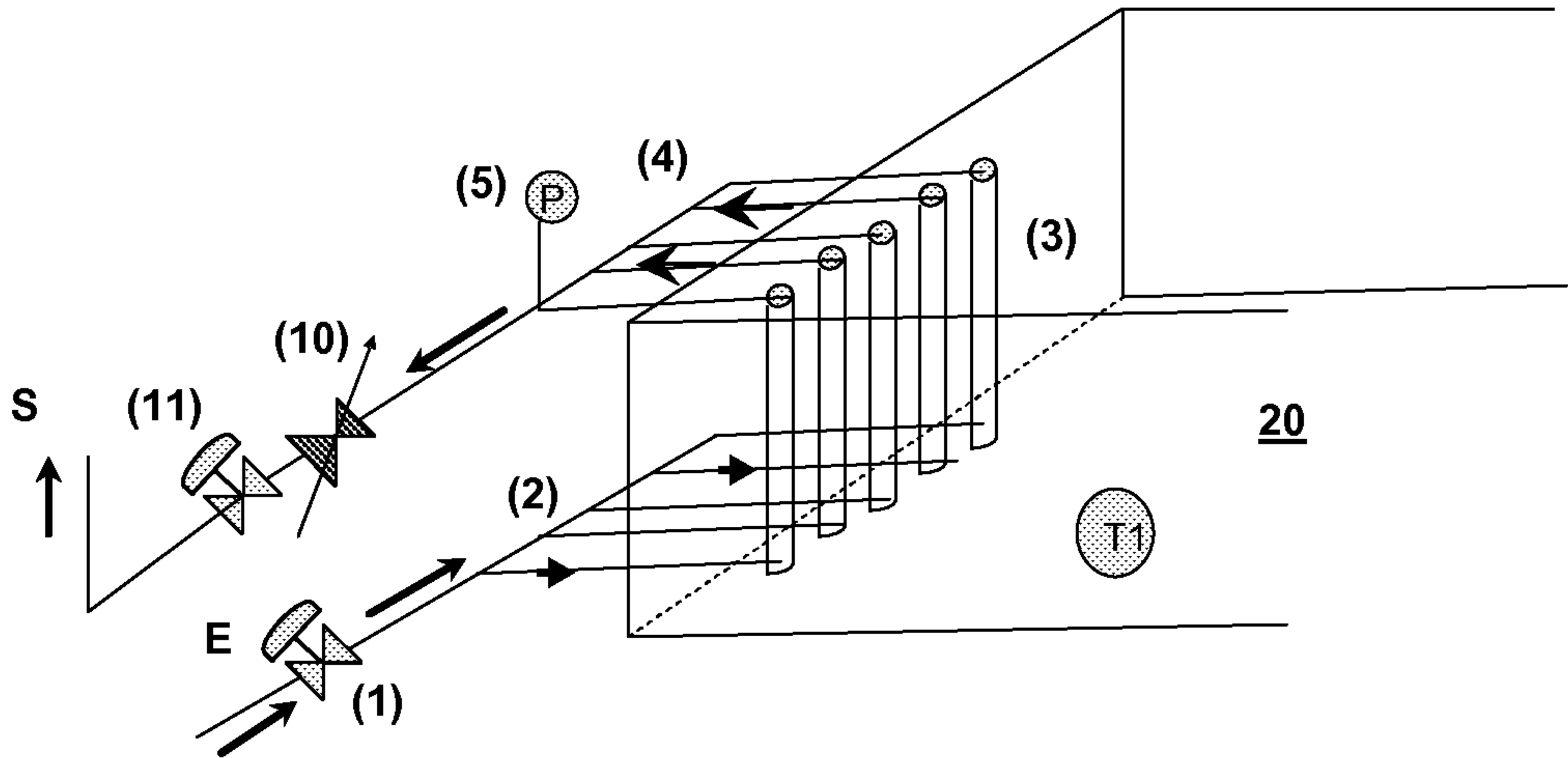


Figure 3