

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

3 017 201

21 N° d'enregistrement national : 15 50973

51 Int Cl<sup>8</sup> : F 25 B 49/02 (2013.01), F 25 D 13/00

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 06.02.15.

30 Priorité : 06.02.14 FR 1450901; 31.03.14 IB  
WOFR2014050767.

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 07.08.15 Bulletin 15/32.

56 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été  
établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

Demanda(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : DPKL Société par actions simplifiée—  
FR.

72 Inventeur(s) : PETIT SANDRINE, KRZAK LAURENT  
et DUPARC BENOIT.

73 Titulaire(s) : DPKL Société par actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : CABINET BREV&SUD.

54 PROCEDE DE REGULATION DE L'ATMOSPHERE D'UNE ENCEINTE FRIGORIFIQUE.

57 L'invention concerne un procédé de régulation de la température et de l'hygrométrie d'un air interne régnant dans une enceinte frigorifique (3) en fonction d'une consigne de température et d'une consigne d'hygrométrie déterminées par un utilisateur, la variation de la température et de l'hygrométrie se faisant par la circulation d'un fluide frigorigène dans une boucle de réfrigération (2) qui possède un compresseur (4), un condenseur (5) et un évaporateur (7), la régulation se faisant par un automate (11) comparant la température et l'hygrométrie mesurées de l'air interne avec les consignes de température et d'hygrométrie.

Selon l'invention, quand la température de l'air interne est supérieure à la consigne de température, l'automate (11) active un procédé de production de froid pendant lequel, d'une part, si l'hygrométrie de l'air interne est inférieure à la consigne d'hygrométrie, l'automate (11) régule à la baisse une consigne de débit d'air d'un ventilateur interne (9) adapté à produire un débit d'air au travers de l'évaporateur (7) et régule à la hausse une consigne de fonctionnement du moteur du compresseur (4) de façon à augmenter la température du fluide frigorigène dans l'évaporateur (7) et, en conséquence, à augmenter l'hygrométrie de l'air interne, si l'hygrométrie de l'air interne est supérieure à la consigne d'hygrométrie, l'automate (11) régule à la hausse

la consigne de débit d'air du ventilateur interne (9) et à la baisse la consigne de fonctionnement du moteur compresseur (4) de façon à diminuer la température du fluide frigorigène dans l'évaporateur (7) et, en conséquence, à diminuer l'hygrométrie de l'air interne, et si l'hygrométrie de l'air interne est égale à la consigne d'hygrométrie, l'automate (11) maintient inchangées les consignes de débit d'air du ventilateur interne (9) et de fonctionnement du moteur du compresseur (4), et, d'autre part, l'automate (11) active un ventilateur externe (8) adapté à produire un débit d'air au travers du condenseur (5) à une consigne de débit d'air de façon à maintenir constante la pression du fluide frigorigène en sortie du condenseur (5) pendant toute la durée des procédés de production de froid du procédé de régulation, et, quand la température de l'air interne est inférieure ou égale à la consigne de température, l'automate (11) active un procédé d'arrêt de production de froid, et, si l'hygrométrie de l'air interne est inférieure à la consigne d'hygrométrie, l'automate (11) régule la consigne du débit d'air du ventilateur interne (9), et si l'hygrométrie de l'air interne est supérieure ou égale à la consigne d'hygrométrie, l'automate (11) arrête le ventilateur interne (9).

FR 3 017 201 - A1



La présente invention entre dans le domaine du stockage et de la conservation de produits alimentaires et agro-alimentaires. L'invention vise spécifiquement cette conservation par réfrigération et contrôle de l'atmosphère du lieu de stockage et de conservation.

L'invention trouvera une application préférentielle dans l'amélioration du fonctionnement des enceintes frigorifiques de stockage et de conservation de produits alimentaires. En particulier, l'invention vise à optimiser le fonctionnement des dispositifs de chambre réfrigérée, sous atmosphère contrôlée ou non.

Au sens de la présente invention, on notera que lesdits produits peuvent être frais et constituent des denrées périssables. De façon non limitative, de telles denrées peuvent être des produits végétaux, à savoir des fruits et des légumes. Elle trouvera aussi des applications dans la conservation des viandes et des poissons, des produits laitiers, notamment fermentés comme le fromage, mais aussi le domaine de la salaison de tels produits. Elle vise aussi la conservation d'autres produits naturels, comme les plantes, notamment les fleurs.

De manière connue, la conservation de végétaux destinés à la consommation s'effectue par stockage en chambre froide, à des températures généralement comprises entre -2 et 4 degrés Celsius (°C). Cette conservation sous atmosphère froide et confinée limite le dessèchement des végétaux et ralentit la plasmolyse, à savoir le stress hydrique qui tend à diminuer le poids du produit, ses qualités organoleptiques et nutritionnelles de l'aliment, mais dégrade aussi leur aspect esthétique. Au niveau du consommateur, ce phénomène se traduit par une perte de la « fraîcheur » d'un produit. En outre, la perte en eau accélère la sénescence des produits, à l'inverse du but recherché de conserver plus longtemps lesdits produits.

Plus précisément, au cours du refroidissement, la température du produit est supérieure à la température de vapeur saturante de l'atmosphère à l'intérieur de l'enceinte.

Ainsi, la pression de la vapeur d'eau à la surface du produit est toujours supérieure à celle qui règne au sein de l'atmosphère, même quand cette dernière est pratiquement saturante. Cet état génère un effet d'évapotranspiration et de  
5 dessèchement au niveau des produits.

En vue d'optimiser la conservation, il est donc nécessaire de contrôler l'atmosphère réfrigérée, en particulier l'hygrométrie, afin de maintenir la turgescence et les échanges  
10 hygrométriques entre les produits et l'atmosphère réfrigérée, limitant ainsi la perte en eau du produit. Toutefois, la présence d'eau sous forme liquide, notamment par dépôt sous forme de buée ou rosée en surface des produits, favorise localement les nécroses ainsi que le développement microbien et  
15 bactérien. En particulier, pour tout produit arrivé au stade de flétrissement, l'humidification favorisera et accélérera son pourrissement.

Une solution connue consiste à effectuer une projection sous pression de particules d'eau, notamment constituées de microgouttelettes, combinée ou non à de la vapeur d'eau,  
20 formant un nuage ou brouillard sec qui limite le dépôt d'eau en surface des produits. Toutefois, une telle solution nécessite l'implantation d'une installation hydraulique complexe à installer et à entretenir, obligeant notamment à contrôler la dureté de l'eau, pour limiter les dépôts calcaires dans le  
25 circuit, ainsi qu'à la traiter contre les proliférations microbiennes et bactériennes. Ces opérations sont coûteuses et nécessitent souvent l'adjonction des agents de traitement, comme le chlore, préjudiciables à la conservation et la consommation des produits.

30 En outre, l'injection d'eau peut provoquer la formation de givre, voire de gel, au sein des enceintes réfrigérées à des températures inférieures à zéro degrés Celsius. Il est alors nécessaire de dégivrer l'installation, opération coûteuse.

Par ailleurs, pour certains produits, il est nécessaire de  
35 contrôler les échanges gazeux au sein de l'enceinte. A titre d'exemple, un fruit climactérique, comme la pomme, la poire ou

même la banane, dégage de l'éthylène par phénomène de respiration. Ce composant agit comme hormone végétale, accélérant le développement cellulaire et la maturation. Il est donc nécessaire de contrôler la teneur en éthylène dans  
5 l'atmosphère de l'enceinte, afin de contrôler le vieillissement de tels fruits.

Une solution consiste à injecter dans l'enceinte un agent chimique pour contrôler les teneurs en gaz. En reprenant l'exemple susmentionné, afin de contrer les effets de  
10 l'éthylène, on injecte un gaz de type cyclopropène (ou « 1-méthylcyclopropène » dit « MCP »). Toutefois, ce gaz est coûteux et complexe à fabriquer, instable, même s'il est non toxique en vue de la consommation des produits ainsi traités.

Enfin, peu importe le système envisagé, lors de la  
15 manutention des produits en vue de les stocker ou de les extraire de l'enceinte, le contrôle de la température et de l'atmosphère est particulièrement difficile. En général, en particulier au moment du stockage de nouveaux produits provenant d'une atmosphère ambiante, l'ouverture de l'enceinte  
20 engendre un renouvellement de l'air et un apport calorifique sous forme de chaleur. En réponse à cet apport de chaleur, les systèmes existants opèrent une hausse brutale dans leur fonctionnement, en particulier concernant leur réfrigération pour revenir à la température de consigne désirée. On constate  
25 alors une perte en masse des produits allant de 5 à 10 %. Outre, l'aspect économique préjudiciable et la déperdition d'énergie constatée, cette perte s'accompagne inévitablement une diminution des qualités des produits, comme détaillé précédemment.

30 La présente invention a pour but de pallier les inconvénients de l'état de la technique, en mettant en adéquation tous les organes d'une installation frigorifique (notamment le compresseur, l'évaporateur et le condenseur) et en optimisant leur fonctionnement selon les paramètres  
35 souhaités, dans le but de conserver et préserver la qualité des denrées stockées.

Pour ce faire, l'invention vise à maintenir de façon constante le taux d'hygrométrie de l'air dans l'enceinte frigorifique, de façon naturelle, sans adjonction d'eau. L'invention vise non seulement à maintenir un taux  
5 d'hygrométrie (par exemple entre 90% et 100%) sur une période de quelques jours, mais de pouvoir de garder constant le taux d'hygrométrie tout au long d'une conservation ou réfrigération dont la durée est typiquement comprise entre 2 et 12 mois.

Ce but est obtenu notamment en fixant la pression du  
10 fluide en sortie du condenseur. En particulier, cette pression de refoulement en sortie du condenseur est ajustée autour d'un point de consigne. Ce point de consigne est fixe dans le temps.

Une fois la pression de refoulement en sortie du condenseur fixée, il est alors possible de faire varier  
15 précisément le fonctionnement des autres organes de l'installation frigorifique, pour obtenir les conditions optimales pour réguler l'hygrométrie.

L'invention a pour objet un procédé de régulation de la température et de l'hygrométrie d'un air interne régnant dans  
20 une enceinte frigorifique en fonction d'une consigne de température et d'une consigne d'hygrométrie déterminées par un utilisateur, la variation de la température et de l'hygrométrie se faisant par la circulation d'un fluide frigorigène dans une boucle de réfrigération qui possède un compresseur, un  
25 condenseur et un évaporateur, la régulation se faisant par un automate comparant la température et l'hygrométrie mesurées de l'air interne avec les consignes de température et d'hygrométrie, caractérisé en ce que, quand la température de l'air interne est supérieure à la consigne de température,  
30 l'automate active un procédé de production de froid pendant lequel, d'une part, si l'hygrométrie de l'air interne est inférieure à la consigne d'hygrométrie, l'automate régule à la baisse une consigne de débit d'air d'un ventilateur interne adapté à produire un débit d'air au travers de l'évaporateur et  
35 régule à la hausse une consigne de fonctionnement du moteur du compresseur de façon à augmenter la température du fluide

frigorigène dans l'évaporateur et, en conséquence, à augmenter l'hygrométrie de l'air interne, si l'hygrométrie de l'air interne est supérieure à la consigne d'hygrométrie, l'automate régule à la hausse la consigne de débit d'air du ventilateur interne et à la baisse la consigne de fonctionnement du moteur du compresseur de façon à diminuer la température du fluide frigorigène dans l'évaporateur et, en conséquence, à diminuer l'hygrométrie de l'air interne, et si l'hygrométrie de l'air interne est égale à la consigne d'hygrométrie, l'automate maintient inchangées les consignes de débit d'air du ventilateur interne et de fonctionnement du moteur du compresseur, et, d'autre part, l'automate active un ventilateur externe adapté à produire un débit d'air au travers du condenseur à une consigne de débit d'air de façon à maintenir constante la pression du fluide frigorigène en sortie du condenseur pendant toute la durée des procédés de production de froid du procédé de régulation, et en ce que, quand la température de l'air interne est inférieure ou égale à la consigne de température, l'automate active un procédé d'arrêt de production de froid, et, si l'hygrométrie de l'air interne est inférieure à la consigne d'hygrométrie, l'automate régule la consigne du débit d'air du ventilateur interne, et si l'hygrométrie de l'air interne est supérieure ou égale à la consigne d'hygrométrie, l'automate arrête le ventilateur interne.

Ainsi, le procédé de régulation selon l'invention permet de limiter le stress hydrique subi par les produits, en particulier les fruits et les légumes, assurant le maintien de leur masse volumique et de leur fraîcheur, limitant d'autant leur qualité et leurs pertes nutritionnelles.

Ce stress hydrique est réduit, d'une part, en maintenant un écart de température faible entre la température d'évaporation du fluide frigorigène au sein de l'évaporateur et la température de l'enceinte frigorifique, et, d'autre part, en atteignant la température à laquelle l'atmosphère interne a le taux d'hygrométrie correspondant à celui de la consigne

d'hygrométrie (et dans le cas où la consigne d'hygrométrie est de 100%, la température à laquelle l'atmosphère interne devient saturé de vapeur d'eau en s'approchant du point de rosée) tout en gardant inchangées les conditions barométriques courantes de l'atmosphère interne.

En outre, le fonctionnement de l'invention est naturel, sans ajout d'aucun agent chimique ou conservateur, ni d'agent de traitement. Il ne fait pas intervenir de circuit hydraulique, évitant les coûts d'entretien y relatifs.

Par ailleurs, la mise en œuvre de l'invention permet de minimiser les durées de fonctionnement des différents organes de l'installation frigorifique, d'éviter certains problèmes liés au fonctionnement de ces organes (par exemple le dérèglement d'un détendeur du circuit de réfrigération, les arrêts des ventilateurs pour cause de disjonction électrique de leurs moteurs motorisations des souffleries qui disjonctent, la prise en glace de l'évaporateur), d'augmenter le rendement énergétique, d'optimiser le fonctionnement et la durée de vie de l'installation frigorifique, de diminuer les nuisances sonores et de réaliser une économie d'énergie importante considérable.

De façon subsidiaire, l'invention permet la gestion automatique du dégivrage de l'évaporateur, ce qui permet, en conséquence, de limiter considérablement la perte de poids des produits stockés et de diminuer les dépenses énergétiques de l'installation frigorifique.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée qui va suivre des modes de réalisation non limitatifs de l'invention, en référence aux figures annexées, dans lesquelles :

- la figure 1 représente schématiquement le circuit d'une installation au sein de laquelle est mis en œuvre le procédé selon l'invention, ladite figure, montrant les différents organes d'une telle installation et mettant en évidence par des flèches la circulation de l'air aux niveaux de l'extérieur et de l'intérieur de l'enceinte à refroidir ; et

- la figure 2 représente un exemple de relevé d'une courbe des températures de l'air à l'intérieur de l'enceinte lors de la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

La figure 1 représente une installation frigorifique 1 qui  
5 comprend une boucle de réfrigération 2 et une enceinte frigorifique 3 traversée par la boucle de réfrigération 2 de façon à pouvoir être refroidie par un fluide frigorigène (par exemple du fréon) circulant dans la boucle de réfrigération 2.

Afin de pouvoir produire du froid, la boucle de  
10 réfrigération 2 comprend, dans le sens de circulation du fluide frigorigène, un compresseur 4, un condenseur 5, un détendeur 6 et un évaporateur 7. Le compresseur 4, le condenseur 5 sont disposés à l'extérieur de l'enceinte frigorifique 3 alors que l'évaporateur 7 y est disposé à l'intérieur. Afin de faciliter  
15 un accès au détendeur 6, celui-ci peut être disposé hors de l'enceinte frigorifique 3 (mais à proximité immédiate de celui-ci).

La production de froid est réalisée par une succession de changements d'état du fluide frigorigène qui se réalisent dans  
20 la boucle de réfrigération 2 (le fluide frigorigène gazeux devient liquide dans le condenseur 5, il devient partiellement gazeux dans le détendeur 6, et redevient gazeux dans l'évaporateur 7) ; ces changements d'état génèrent des variations de température et de pression du fluide frigorigène  
25 et de l'air régnant autour des échangeurs de chaleur que forment le condenseur 5 et l'évaporateur 7 (une augmentation de la pression et de la température du fluide frigorigène dans le compresseur 4, une augmentation de la température de l'air externe régnant autour du condenseur 5, une baisse de la  
30 pression et de la température du fluide frigorigène dans l'évaporateur 7, et une baisse de la température de l'air interne régnant autour de l'évaporateur 7).

Afin d'augmenter les échanges thermiques au niveau du condenseur 5 et de l'évaporateur 7, au condenseur 5 est associé  
35 un ventilateur externe 8 (situé hors de l'enceinte frigorifique 3) permettant de générer un débit d'air au travers du



condenseur 5, et à l'évaporateur 7 est associé un ventilateur interne 9 (situé dans l'enceinte frigorifique 3) permettant de générer un débit d'air au travers de l'évaporateur 7.

Le compresseur 4, le ventilateur externe 8 et le ventilateur interne 9 comprennent chacun des moteurs permettant de faire varier leurs puissances respectives (puissance du compresseur 4 et vitesses des ventilateurs 8, 9). Le moteur du ventilateur externe 8 peut être à commutation de pôle ou à variation de fréquence. Il en est de même du moteur du ventilateur interne 9.

Par ailleurs, la boucle de réfrigération 2 comprend une vanne d'approvisionnement 10 qui permet d'empêcher ou d'autoriser la circulation du fluide frigorigène dans la boucle de réfrigération 2. Cette vanne d'approvisionnement 10 est de préférence située hors de l'enceinte frigorifique 3, située entre le condenseur 5 et le détendeur 6.

L'installation frigorifique comprend également un automate 11 permettant de réguler le compresseur 4, le ventilateur externe 8, le ventilateur interne 9 et la vanne d'approvisionnement 10 en fonction d'une consigne de température et d'une consigne d'hygrométrie de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3. Les régulations du compresseur 4, du ventilateur externe 8 et/ou du ventilateur interne 9 sont faites par l'automate 11. Les régulations du compresseur 4 et du ventilateur interne 9 sont faites suivant un algorithme. La régulation du ventilateur externe 8 est faite suivant une régulation PID.

L'automate 11 est par ailleurs relié à différentes sondes 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 permettant de connaître les paramètres physiques du fluide frigorigène, de l'air dans l'enceinte frigorifique 3 et de l'air autour du détendeur 5 et du ventilateur externe 8. Dans le présent mode de réalisation, ces sondes comprennent une sonde d'hygrométrie 12 disposée dans l'enceinte frigorifique 3, une première sonde de température 13 disposée au niveau du côté de l'aspiration de l'air du ventilateur interne 9, une seconde sonde de température 14

disposée au niveau du côté du soufflage de l'air du ventilateur interne 9, une sonde de dégivrage 15 disposée sur l'évaporateur 7 de manière à détecter la présence de givre, une troisième sonde de température 16 disposée à proximité du ventilateur externe 8 (de préférence au niveau du côté de l'aspiration de l'air), une première sonde de pression 17 disposée en entrée compresseur 4 et une seconde sonde de pression 18 disposée entre le compresseur 4 et le condenseur 5.

L'invention concerne un procédé de régulation de la température et de l'hygrométrie de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3 en fonction de la consigne de température et de la consigne d'hygrométrie qui sont rentrées dans l'automate 11 par un utilisateur. Ces consignes de température et d'hygrométrie dépendent des produits conservés dans l'enceinte frigorifique 3.

La régulation est réalisée par l'automate 11 qui compare, d'une part, la température de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3 avec et la consigne de température, et, d'autre part, l'hygrométrie mesurée par la sonde d'hygrométrie 12 avec la consigne d'hygrométrie. Dans le cas où, dans l'enceinte frigorifique il y a une première sonde de température 13 disposée au niveau du côté de l'aspiration de l'air du ventilateur interne 9 et une seconde sonde de température 14 disposée au niveau du côté du soufflage de l'air du ventilateur interne 9, la température qui est comparée à la consigne de température est de préférence celle mesurée par la première sonde de température 13.

Pendant le procédé de régulation, il est possible que la température de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3 soit supérieure à la consigne de température ou qu'elle soit inférieure ou égale à cette consigne. Dans le cas où la température de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3 est supérieure à la consigne de température, l'automate 11 active un procédé de production de froid de façon à ce que la température de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3 baisse et atteigne la

consigne de température. Dans le cas où la température de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3 est inférieure ou égale à la consigne de température, l'automate 11 active un procédé d'arrêt de production de froid. En fonction  
5 de la variation de la température, l'automate 11 active successivement le procédé de production de froid et le procédé d'arrêt de production de froid.

De préférence, préalablement à l'activation de chaque procédé de production de froid, l'automate 11 vérifie que les  
10 différents organes compris dans la boucle de réfrigération 2 sont en état de pouvoir fonctionner correctement. Dans le cas où un organe n'est pas en état de fonctionner correctement, l'automate 11 arrête le procédé de régulation et émet une alarme.

15 Le procédé de production de froid comprend une étape d'activation de la boucle de réfrigération 2, suivie d'une série d'étapes de contrôle de la régulation de la température et de l'hygrométrie de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3.

20 Pendant l'étape d'activation de la boucle de réfrigération 2, l'automate 11 ouvre la vanne d'approvisionnement 10 puis active le compresseur 4.

Pour rappel, pendant l'ensemble de la série des étapes de contrôle de la régulation de la température et de l'hygrométrie  
25 de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3, l'automate 11 compare l'hygrométrie et la température de l'air avec les consignes d'hygrométrie et de température. Il est possible que l'hygrométrie de l'air soit supérieure à la consigne d'hygrométrie, ou inférieure à cette consigne, ou  
30 égale à celle-ci. Quel que soit l'un des trois cas, afin de faire varier l'hygrométrie de l'intérieur de l'enceinte 3, l'automate 11 régule, d'une part, une consigne variable de fonctionnement du compresseur 4 pour faire varier la température du fluide frigorigène dans l'évaporateur 7, et,  
35 d'autre part, une consigne variable de débit d'air du ventilateur interne 9. En fonction de la variation de l'écart

entre l'hygrométrie mesurée et la consigne d'hygrométrie, l'automate 11 régule différemment les consignes de débit d'air du ventilateur interne 9 et de fonctionnement du moteur du compresseur 4.

5 Si l'hygrométrie de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3 est inférieure à la consigne d'hygrométrie, l'automate 11 régule la consigne de débit d'air du ventilateur interne 9 à la baisse et la consigne de fonctionnement du moteur du compresseur 4 à la hausse. Du fait  
10 que la consigne de fonctionnement du moteur du compresseur 4 augmente, la température du fluide frigorigène dans l'évaporateur 7 augmente. Du fait que la température du fluide frigorigène dans l'évaporateur 7 augmente et que le débit d'air du ventilateur interne 9 baisse, l'eau précédemment piégée sur  
15 la surface d'échange thermique de l'évaporateur 7 est libérée et, en conséquence, l'hygrométrie de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3 augmente.

Si l'hygrométrie de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3 est supérieure à la consigne  
20 d'hygrométrie, l'automate 11 régule la consigne de débit d'air du ventilateur interne 9 à la hausse et la consigne de fonctionnement du moteur du compresseur 4 à la baisse. Du fait que la consigne de fonctionnement du moteur du compresseur 4 baisse, la température du fluide frigorigène dans l'évaporateur  
25 7 baisse. Du fait que la température du fluide frigorigène dans l'évaporateur 7 baisse et que le débit d'air du ventilateur interne 9 augmente, l'eau contenue dans l'air est piégée sur la surface d'échange thermique de l'évaporateur 7 et, en conséquence, l'hygrométrie de l'air se trouvant à l'intérieur  
30 de l'enceinte frigorifique 3 diminue.

Si l'hygrométrie de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3 est égale à la consigne  
d'hygrométrie, l'automate 11 maintient égales la consigne de débit d'air du ventilateur externe 8 et la consigne de  
35 fonctionnement du compresseur 4.

La surface d'échange thermique de l'évaporateur 7 dépend des produits à conserver dans l'enceinte frigorifique 3. Ainsi, selon la respiration cellulaire des produits, le rapport de la surface d'échange thermique de l'évaporateur 7 sur le volume interne de l'enceinte frigorifique 3 peut varier de 0,4 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> à 1,5 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Plus précisément, plus la conservation des produits demandera une consigne d'hygrométrie élevée, plus il sera nécessaire d'avoir un rapport élevé, typiquement pour une consigne proche de 100 % d'hygrométrie, le rapport devra être compris entre 1,3 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> et 1,5 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.

La valeur initiale de la consigne variable de fonctionnement du moteur du compresseur 4 est préalablement rentrée dans l'automate 11. En général, cette valeur dépend du produit conservé dans l'enceinte frigorifique 3. Typiquement la valeur initiale de la consigne variable de fonctionnement du moteur du compresseur 4 correspond à un pourcentage de la puissance maximale de ce moteur, par exemple 30 %.

La variation de la valeur de la consigne de fonctionnement du moteur du compresseur 4 est déterminée par l'automate 11 à partir de l'écart entre l'hygrométrie mesurée par la sonde d'hygrométrie 12 et la consigne d'hygrométrie. Typiquement la valeur de la variation de la consigne de fonctionnement du moteur du compresseur 4 correspond à un pourcentage de la puissance maximale de ce moteur, par exemple 10 %.

La valeur initiale de la consigne variable du débit d'air du ventilateur interne 9 est préalablement rentrée dans l'automate 11. En général, cette valeur dépend du produit conservé dans l'enceinte frigorifique 3 et tient compte du fait que la température de l'air régnant dans l'enceinte frigorifique 3 est bien au-dessus de la consigne. En général, la valeur initiale de la consigne variable du débit d'air du ventilateur interne 9 correspond à un pourcentage relativement élevé de la puissance maximale du moteur du ventilateur interne 9 (typiquement, 50 %).

La variation de la valeur de la consigne du débit d'air du ventilateur interne 9 est déterminée par l'automate 11.

Cette variation de la valeur de la consigne du débit d'air du ventilateur interne 9 peut être déterminée à partir de l'écart entre l'hygrométrie mesurée par la sonde d'hygrométrie 12 et la consigne d'hygrométrie ou à partir de l'écart entre la température de l'air régnant dans l'enceinte frigorifique et la consigne de température. Il est préférable de déterminer la variation de la valeur de la consigne du débit d'air du ventilateur interne 9 à partir de l'écart entre l'hygrométrie mesurée et la consigne d'hygrométrie.

La valeur de la variation de la consigne variable du débit d'air du ventilateur interne 9 peut correspondre à un pourcentage de la puissance maximale du moteur du ventilateur interne 9.

La consigne du débit d'air du ventilateur interne 9 peut être déterminée en fonction, soit de l'écart entre la consigne de température et la température mesurée, soit de l'écart entre la consigne d'hygrométrie et l'hygrométrie mesurée, selon ce qui est utilisé. Plus l'écart est important, plus la consigne du débit d'air du ventilateur interne 9 est élevée. Ainsi, pour un écart supérieur ou égal à 7 °C, la consigne peut être de 100 % de la puissance du moteur du ventilateur interne 9 ; pour un écart compris entre 5 °C et 7 °C, la consigne peut être de 80 % de la puissance du moteur du ventilateur interne 9 ; pour un écart compris entre 3 °C et 5 °C, la consigne peut être de 65 % de la puissance du moteur du ventilateur interne 9 ; pour un écart compris entre 1 °C et 3 °C, la consigne peut être de 50 % de la puissance du moteur du ventilateur interne 9 ; et pour un écart inférieur à 1°C, la consigne peut être de 30 % de la puissance du moteur du ventilateur interne 9).

De préférence, la variation de la valeur de la consigne du débit d'air du ventilateur interne 9 est déterminée à partir de l'écart entre l'hygrométrie mesurée et la consigne d'hygrométrie et de l'écart entre la température mesurée et la consigne de température, le choix de l'écart utilisé étant déterminé à partir de la vitesse de la baisse de la température de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique

3. De préférence, tant que la vitesse de la baisse de la température de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3 est supérieure à une vitesse minimale, la variation de la valeur de la consigne du débit d'air du ventilateur interne 9 est déterminée à partir de l'écart entre l'hygrométrie mesurée et la consigne d'hygrométrie, et, quand la vitesse de la baisse de la température de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3 devient inférieure ou égale à la vitesse minimale, la variation de la valeur de la consigne du débit d'air du ventilateur interne 9 est déterminée à partir de l'écart entre la température mesurée et la consigne de température. La vitesse minimale de la baisse de la température de l'air peut être exprimée par une vitesse de baisse de température (par exemple, 0,1 °C en 5 minutes) ou par un écart minimal entre la température mesurée de l'air dans l'enceinte frigorigène et la température du fluide frigorigène dans l'évaporateur 7 (par exemple 0,5 °C). De préférence, quand la variation de la valeur de la consigne du débit d'air du ventilateur interne 9 est déterminée à partir de l'écart entre l'hygrométrie mesurée et la consigne d'hygrométrie, la consigne du débit d'air est d'autant plus élevée que l'écart est important, et, quand la variation de la valeur de la consigne du débit d'air du ventilateur interne 9 est déterminée à partir de l'écart entre la température mesurée et la consigne de température, afin d'augmenter la vitesse de la baisse de la température de l'air, la consigne du débit d'air est augmentée d'une valeur fixe (par exemple un pourcentage de la puissance maximale du moteur du ventilateur interne 9 - ici, 10 %). Si, du fait de l'augmentation de la consigne du débit d'air pour augmenter la vitesse de la baisse de la température de l'air, la vitesse de la baisse de la température devient supérieure à la vitesse minimale de baisse, alors la variation de la valeur de la consigne du débit d'air est à nouveau déterminée à partir de l'écart entre l'hygrométrie mesurée et la consigne d'hygrométrie, et si elle reste inférieure ou égale à la vitesse minimale, la variation de la valeur de la consigne du

débit d'air du ventilateur interne 9 continue d'être déterminée est déterminée à partir de l'écart entre la température mesurée et la consigne de température.

5 Du fait que l'automate 11 régule le fonctionnement du moteur du compresseur 4 pour réguler la température du fluide frigorigène dans l'évaporateur 7, le maintien constant de la pression du fluide frigorigène en sortie du compresseur 4 n'est plus régulé par ce dernier. De ce fait, pendant l'ensemble de la série des étapes de contrôle de la régulation de la température et de l'hygrométrie de l'air se trouvant à 10 l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3, l'automate 11 active le ventilateur externe 8 à une consigne variable de débit d'air de façon à maintenir constante la pression du fluide frigorigène en sortie du condenseur 5 (et donc en entrée du détenteur 6) pendant toute la durée des procédés de production de froid du procédé de régulation de la température et de l'hygrométrie de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3. La pression du fluide frigorigène en sortie du condenseur 5 peut ainsi être fixée à 20 bars.

20 La valeur initiale de la consigne variable du débit d'air du ventilateur externe 8 est préalablement rentrée dans l'automate 11. En général, cette valeur initiale de la consigne variable du débit d'air du ventilateur externe 8 correspond à un pourcentage de la puissance maximale du moteur du ventilateur externe 8 (en général, cette valeur est nulle, 25 mais, selon le type de produits conservés dans l'enceinte frigorifique 3, elle peut être non nulle, par exemple comprise entre 5 et 20%).

30 La variation de la valeur de la consigne du débit d'air du ventilateur externe 8 est déterminée par l'automate 11 à partir, principalement de l'écart entre la consigne fixe de pression en sortie du condenseur 5 et la pression mesurée par la seconde sonde de pression 18 qui dépend de la consigne de fonctionnement du compresseur 4. De préférence, elle est 35 également déterminée en fonction de la température mesurée par la troisième sonde de température 16. La consigne du débit



d'air du ventilateur externe 8 est déterminée de façon à extraire le nombre de calories nécessaires du fluide frigorigène pour atteindre la consigne fixe de pression. Ainsi, si la consigne de fonctionnement du moteur du compresseur 4 augmente, l'automate 11 augmente la valeur de la consigne du débit d'air du ventilateur externe 8 de façon à extraire un plus grand nombre de calories au niveau du condenseur 5. Et si la consigne de fonctionnement du compresseur 4 diminue, l'automate 11 diminue la valeur de la consigne du débit d'air du ventilateur externe 8 ou arrête le ventilateur externe 8 de façon à extraire un plus petit nombre de calories au niveau du condenseur 5. Typiquement la valeur de la variation de la consigne variable du débit d'air du ventilateur externe 8 correspond à un pourcentage de la puissance maximale du moteur du ventilateur externe 8.

De ce fait, la pression du fluide frigorigène en sortie du condenseur 5 est maintenue constante et sert de point d'équilibre pour le fluide frigorigène, et l'automate 11 peut simultanément, et avec une extrême précision, réguler la puissance du moteur du compresseur 4, la température du fluide frigorigène dans l'évaporateur 7, la vitesse du débit d'air du ventilateur interne 9 et la température et l'hygrométrie de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3.

Le procédé d'arrêt de production de froid comprend une étape de désactivation de la boucle de réfrigération 2, suivie d'une série d'étapes de contrôle de la régulation de l'hygrométrie de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3.

Pendant l'étape de désactivation de la boucle de réfrigération 2, l'automate 11 désactive le compresseur 4 et le ventilateur externe 8 et ferme la vanne d'approvisionnement 10.

Pendant l'ensemble de la série des étapes de contrôle de la régulation de l'hygrométrie de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3, l'automate 11 compare l'hygrométrie mesurée par la sonde d'hygrométrie 12 avec la consigne d'hygrométrie. Il est possible que l'hygrométrie de

l'air soit inférieure à la consigne d'hygrométrie, ou supérieure ou égale à cette consigne. L'automate 11 régule différemment la consigne variable de débit d'air du ventilateur interne 9 afin de faire varier l'hygrométrie de l'intérieur de l'enceinte 3.

Si l'hygrométrie de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3 est inférieure à la consigne d'hygrométrie, l'automate 11 régule la consigne de débit d'air du ventilateur interne 9 de façon à ce que l'hygrométrie mesurée se rapproche de la consigne d'hygrométrie. Typiquement, l'automate régule la consigne du débit d'air du ventilateur interne à la baisse. La régulation du débit d'air du ventilateur interne 9 peut être réalisée en fonction de l'écart entre la consigne d'hygrométrie et l'hygrométrie mesurée, plus l'écart étant important, plus la consigne du débit d'air étant élevée.

Si l'hygrométrie de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3 est supérieure ou égale à la consigne d'hygrométrie, l'automate 11 arrête le ventilateur interne 9.

La valeur initiale de la consigne variable du débit d'air du ventilateur interne 9 est préalablement rentrée dans l'automate 11. En général, cette valeur dépend du produit conservé dans l'enceinte frigorifique 3 et tient compte du fait que la température de l'air régnant dans l'enceinte frigorifique est égale à la consigne. En général, la valeur initiale de la consigne variable du débit d'air du ventilateur interne 9 correspond à un pourcentage faible de la puissance maximale du moteur du ventilateur interne 9 (typiquement, 10 %). La variation de la valeur de la consigne du débit d'air du ventilateur interne 9 est déterminée par l'automate 11. De préférence, cette variation de la valeur de la consigne du débit d'air du ventilateur interne 9 est déterminée à partir de l'écart entre l'hygrométrie mesurée par la sonde d'hygrométrie 12 et la consigne d'hygrométrie. La valeur de la variation de la consigne variable du débit d'air du ventilateur interne 9

peut correspondre à un pourcentage de la puissance maximale du moteur du ventilateur interne 9.

Le procédé conforme à la présente invention permet de réguler précisément la température et l'hygrométrie de l'air qui se trouve à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3 en faisant varier le débit d'air du ventilateur interne 9. La consigne d'hygrométrie, pouvant être comprise entre 50 % à 100 % d'hygrométrie peut être respectée à au moins 1 % près.

Par ailleurs, en comparant les températures mesurées par les première et seconde sondes de température 13, 14, il est possible de réduire le différentiel de températures entre la température de l'air se trouvant à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3 et la température d'évaporation du fluide frigorigène au niveau de l'évaporateur 7. Ainsi, le procédé de régulation selon l'invention permet d'obtenir un différentiel de températures compris entre 0,2 °C et 3 °C (et non entre 3 °C et 10 °C comme dans les dispositifs frigorifiques connus). Cette baisse du différentiel de températures permet aussi une économie d'énergie et, quand la température de l'air à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3 est inférieure à 0 °C, une diminution du risque de givre sur les surfaces d'échange thermique de l'évaporateur 7.

Dans le cas où la température de l'air à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3 est inférieure à 0 °C, outre le fait que le risque de givre est considérablement diminué, la sonde de dégivrage 15 permet à l'automate 11 d'activer un procédé de dégivrage uniquement si nécessaire (et non pas de façon systématique comme dans les dispositifs frigorifiques connus) et uniquement pendant le temps nécessaire.

Quand la sonde de dégivrage 15 indique la présence de givre, l'automate 11 soit active le ventilateur interne 9 (s'il est arrêté) soit augmente sa consigne de débit d'air (s'il est activé) de sorte que le givre fonde par l'action de l'air forcé.

Le déclenchement du procédé de dégivrage peut également être réalisé du fait de la mesure par la seconde sonde de

température 14 d'une valeur indiquant la présence de glace (de givre). Il est possible d'utiliser la chaleur latente de la fusion de la glace. Ce type de dégivrage permet notamment de faire remonter le taux d'hygrométrie.

5 La présente invention permet d'avoir un écart faible entre les températures mesurées par les première et seconde sondes de température 13, 14 (inférieur à 3°C) et d'ajuster en permanence le débit d'air du ventilateur interne 9, le débit d'air du ventilateur externe 8 et le fonctionnement du compresseur 4. Il  
10 en découle que l'évaporation d'eau à la surface des denrées stockées est minimale, voire nulle.

Cette gestion de l'hygrométrie est effectuée précisément grâce à une variation très faible de la température de l'air dans l'enceinte frigorifique 3, à moins de ventilation et  
15 surtout à une gestion de différents paramètres suivant le diagramme de l'air humide, ces paramètres étant mesurés en temps réel dans l'enceinte frigorifique 3.

A titre d'exemple, la figure 2 montre, en fonction du temps, une courbe 100 illustrant l'évolution des températures de l'air mesurées à l'intérieur de l'enceinte frigorifique 3.  
20 La ligne temporelle des abscisses n'est pas régulière mais la durée de chacun de ses intervalles de temps y est stipulée. La mise en œuvre du procédé permet de gérer la température à 0,1 °C près.

25 Dans l'exemple, la consigne d'hygrométrie de l'air dans l'enceinte frigorifique 3 est de 96 % et la consigne de température de cet air est de 0°C. Comme illustré sur la figure 2, c'est le fluide frigorigène (courbe 101) qui est refroidi avant l'air (courbe 100).

30 Plusieurs points de contrôle 102 à 110 ont été mis en évidence sur la figure 2.

Le point 102 correspond à l'ouverture de la vanne d'approvisionnement 10, les températures de l'air et du fluide frigorigène sont proches de 2 °C.

35 Au point 103, l'hygrométrie de l'air est de 98 %, sa température est de 1,9 °C, la température du fluide frigorigène

dans l'évaporateur 7 est de  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , et la consigne de débit d'air du ventilateur interne 9 est de 60 % de la puissance maximale du moteur du ventilateur, ces 60 % correspondent à un taux de brassage de 30 volumes de l'enceinte frigorifique 3 par  
5 heure.

Au point 104, l'hygrométrie de l'air est de 99 %, sa température est de  $1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , celle du fluide frigorigène est de  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  et la consigne de débit d'air est toujours de 60 %.

Au point 105, l'hygrométrie de l'air est de 91 %, sa  
10 température est de  $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , celle du fluide frigorigène est de  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  et la consigne du débit d'air est de 20 %.

Au point 106, l'hygrométrie de l'air est de 94 %, sa température est de  $1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , celle du fluide frigorigène est de  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  et la consigne du débit d'air est toujours de 20 %.

Au point 107, l'hygrométrie de l'air est de 98 %, sa  
15 température est de  $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , celle du fluide frigorigène est de  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  et la consigne du débit d'air est de 40 %.

Au point 108, l'hygrométrie de l'air est de 94 %, sa  
20 température est de  $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , celle du fluide frigorigène est de  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  et la consigne du débit d'air est à nouveau de 60 %.

Au point 109, l'hygrométrie de l'air est de 96 %, sa température est de  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , celle du fluide frigorigène est de  $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  et la consigne du débit d'air est à nouveau de 20 %.

Au point 110, l'hygrométrie de l'air est de 99 %, sa  
25 température est de  $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , celle du fluide frigorigène est de  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  et la consigne du débit d'air est à nouveau de 40 %.

En fin de cycle, au point 111, l'hygrométrie de l'air est de 96 %, sa température est de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  et le ventilateur interne 9 est arrêté (jusqu'à ce que le taux d'hygrométrie ou la  
30 température varie de nouveau).

Ainsi, le procédé selon l'invention permet de contrôler avec exactitude le taux d'hygrométrie de l'intérieure de l'enceinte frigorifique 3, à partir d'un point d'équilibre fixé au niveau du condenseur 5 et maintenu autour d'une pression de  
35 consigne fixe au travers de la gestion de la ventilation à ce niveau, ainsi que la gestion de la ventilation à l'intérieur de

ladite enceinte 3. Selon un mode alternatif de réalisation, ledit fluide peut être constitué d'un liquide réfrigérant, notamment de l'eau glycolée. La gestion de la ventilation s'effectue alors de la même façon pour contrôler l'hygrométrie

5 de l'intérieur de l'enceinte 3.

## REVENDEICATIONS

Procédé de régulation de la température et de l'hygrométrie d'un air interne régnant dans une enceinte frigorifique (3) en fonction d'une consigne de température et d'une consigne d'hygrométrie déterminées par un utilisateur, la variation de la température et de l'hygrométrie se faisant par la circulation d'un fluide frigorigène dans une boucle de réfrigération (2) qui possède un compresseur (4), un condenseur (5) et un évaporateur (7), la régulation se faisant par un automate (11) comparant la température et l'hygrométrie mesurées de l'air interne avec les consignes de température et d'hygrométrie, caractérisé en ce que, quand la température de l'air interne est supérieure à la consigne de température, l'automate (11) active un procédé de production de froid pendant lequel, d'une part, si l'hygrométrie de l'air interne est inférieure à la consigne d'hygrométrie, l'automate (11) régule à la baisse une consigne de débit d'air d'un ventilateur interne (9) adapté à produire un débit d'air au travers de l'évaporateur (7) et régule à la hausse une consigne de fonctionnement du moteur du compresseur (4) de façon à augmenter la température du fluide frigorigène dans l'évaporateur (7) et, en conséquence, à augmenter l'hygrométrie de l'air interne, si l'hygrométrie de l'air interne est supérieure à la consigne d'hygrométrie, l'automate (11) régule à la hausse la consigne de débit d'air du ventilateur interne (9) et à la baisse la consigne de fonctionnement du moteur compresseur (4) de façon à diminuer la température du fluide frigorigène dans l'évaporateur (7) et, en conséquence, à diminuer l'hygrométrie de l'air interne, et si l'hygrométrie de l'air interne est égale à la consigne d'hygrométrie, l'automate (11) maintient inchangées les consignes de débit d'air du ventilateur interne (9) et de fonctionnement du moteur du compresseur (4), et, d'autre part, l'automate (11) active un ventilateur externe (8) adapté à produire un débit d'air au travers du condenseur (5) à une consigne de débit d'air de

façon à maintenir constante la pression du fluide frigorigène en sortie du condenseur(5) pendant toute la durée des procédés de production de froid du procédé de régulation, et en ce que, quand la température de l'air interne est inférieure ou égale à  
5 la consigne de température, l'automate (11) active un procédé d'arrêt de production de froid, et, si l'hygrométrie de l'air interne est inférieure à la consigne d'hygrométrie, l'automate (11) régule la consigne du débit d'air du ventilateur interne (9), et si l'hygrométrie de l'air interne est supérieure ou  
10 égale à la consigne d'hygrométrie, l'automate (11) arrête le ventilateur interne (9).



1/2

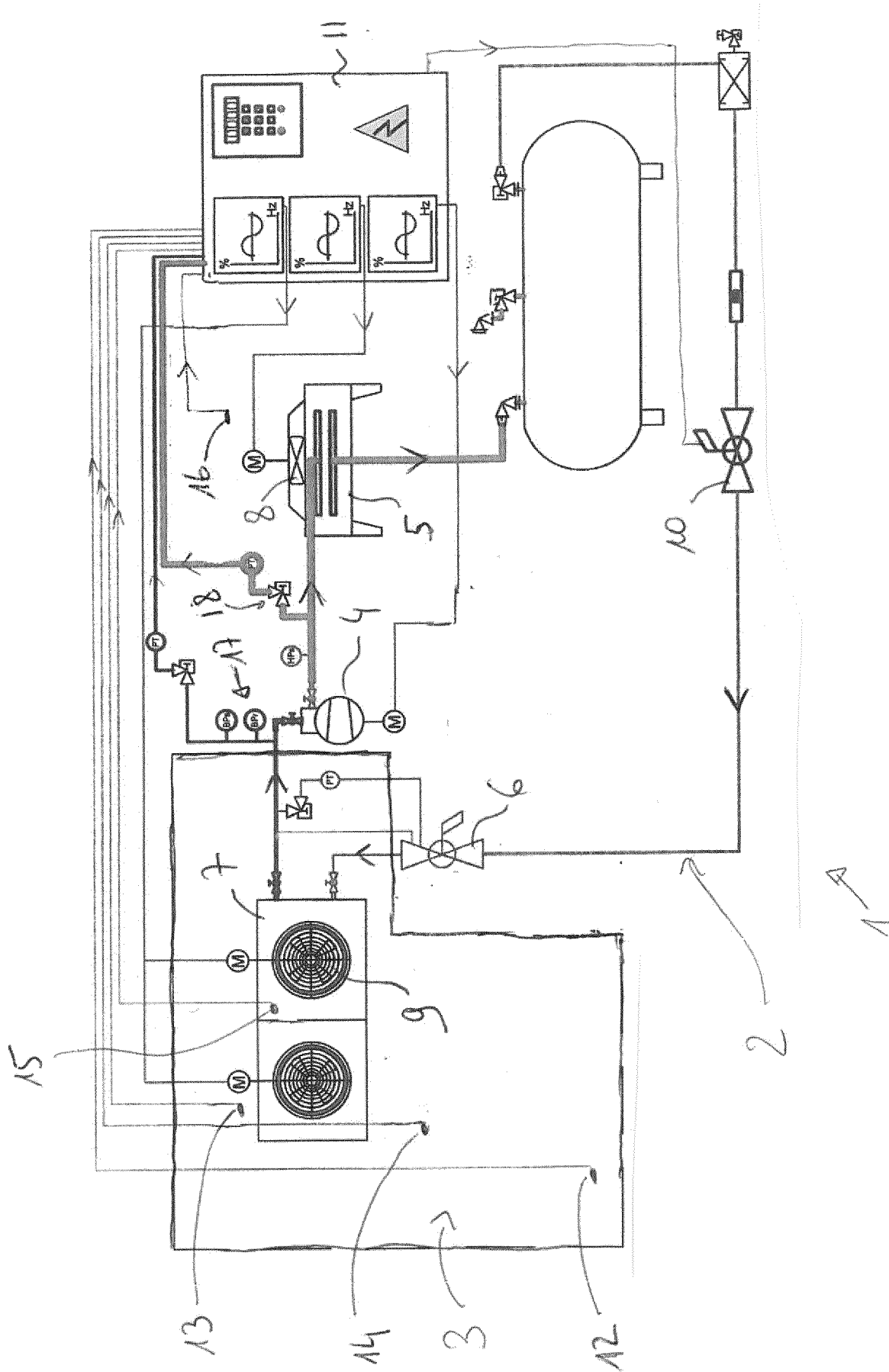


Fig 1

212

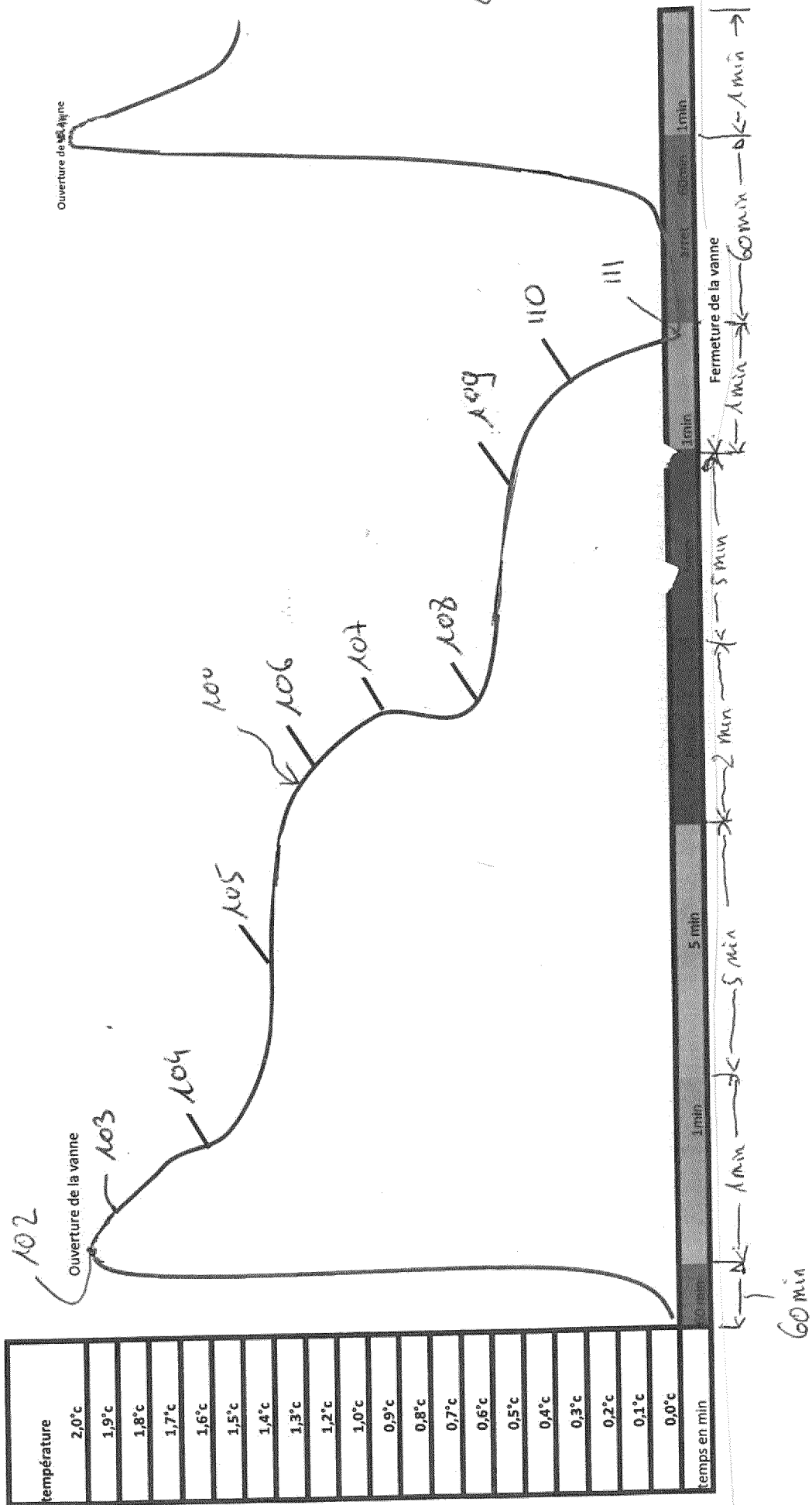


fig 2