(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
15 février 2024 (15.02.2024)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2024/032992 A1

(51) Classification internationale des brevets :
F23J 15/06 (2006.01) *A01G 9/18* (2006.01)
F23L 7/00 (2006.01) *A01G 9/24* (2006.01)
F23L 15/00 (2006.01) *A22B 3/00* (2006.01)
F24D 15/00 (2022.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2023/068890

(22) Date de dépôt international :
07 juillet 2023 (07.07.2023)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2208204 09 août 2022 (09.08.2022) FR

(71) Déposant : **AIR LIQUIDE FRANCE INDUSTRIE** [FR/FR] ; 6 rue Cognacq Jay, 75007 PARIS (FR).

(72) Inventeurs : **COUSIN, Franck** ; c/o AIR LIQUIDE FRANCE INDUSTRIE, 9, rue des Bouleaux, 59810 LESQUIN (FR). **LE DRU, Pauline** ; c/o AIR LIQUIDE FRANCE INDUSTRIE, 9 rue de la Métallurgie BP 10624, 44476 CARQUEFOU (FR). **JANUARD, Fabien** ; c/o AIR LIQUIDE FRANCE INDUSTRIE, 10 avenue Aristide Briand, 92220 BAGNEUX (FR). **CHARVE, Etienne** ; C/O AIR LIQUIDE FRANCE INDUSTRIE, 152 avenue Aristide Briand - CS 80010, 92220 BAGNEUX (FR).

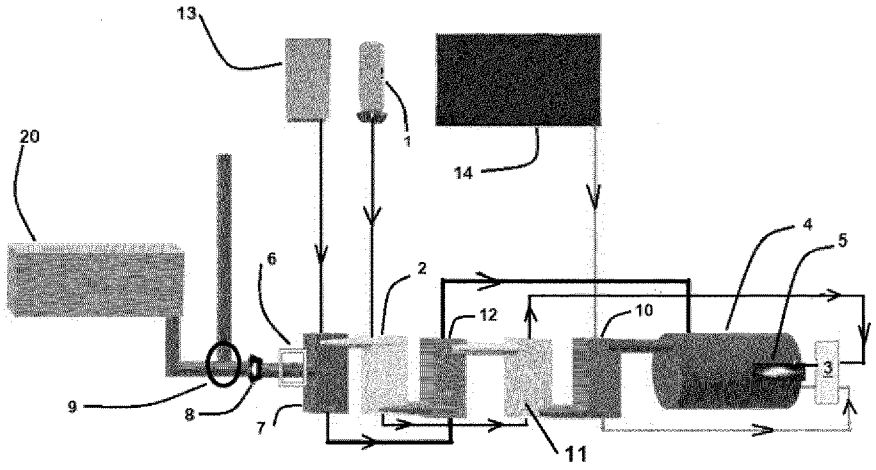
(74) Mandataire : **MELLUL-BENDELAC, Sylvie** ; L'AIR LIQUIDE SA, Direction de la Propriété Intellectuelle, 75 Quai d'Orsay, 75321 PARIS CEDEX 07 (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AO,

(54) Title: SYSTEM FOR SUPPLYING CO_2 GAS TO A FACILITY THAT REQUIRES CO_2 OR A MIXTURE COMPRISING CO_2, SUCH AS AN ABATTOIR OR A GREENHOUSE FOR CULTIVATING PLANTS

(54) Titre : SYSTÈME D'ALIMENTATION EN CO_2 GAZEUX D'UNE INSTALLATION NÉCESSITANT DU CO_2 OU UN MÉLANGE COMPORTANT DU CO_2, TELLE QU'UN ABATTOIR OU ENCORE UNE SERRE DE CULTURE DE VÉGÉTAUX

[Fig.1]



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for supplying CO_2 gas to a site comprising a facility (20) that requires CO_2 or a mixture comprising CO_2, such as an abattoir or a greenhouse for cultivating plants, characterised by the following steps: a boiler (4) capable of supplying hot water to the site is arranged within the site, said boiler carrying out the process of oxycombustion between a fuel (14) and pure oxygen (1), the oxygen that supplies the boiler being obtained from a liquid oxygen source present on the site; some or all of the CO2

WO 2024/032992 A1

[Suite sur la page suivante]

AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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))*

— *en noir et blanc ; la demande internationale telle que déposée était en couleur ou en échelle de gris et est disponible sur PATENTSCOPE pour téléchargement.*

contained in the flue gas produced by the boiler is recovered by transferring heat between the flue gas and the liquid oxygen in an exchanger (2).

(57) Abrégé : Un procédé d'alimentation en CO_2 gazeux d'un site comportant une installation (20) nécessitant du CO_2 ou un mélange comportant du CO_2, telle qu'un abattoir ou encore une serre de culture de végétaux, se caractérisant par la mise en œuvre des mesures suivantes : on dispose au sein dudit site d'une chaudière (4) apte à fournir de l'eau chaude au site, cette chaudière mettant en œuvre une oxy-combustion entre un combustible (14) et de l'oxygène pur (1), l'oxygène alimentant la chaudière étant obtenu à partir d'une source d'oxygène liquide présente sur le site; on procède à la récupération de tout ou partie du CO2 contenu dans les fumées produites par la chaudière, par le fait que l'on organise, dans un échangeur (2), un échange thermique entre lesdites fumées et l'oxygène liquide.

Système d'alimentation en CO_2 gazeux d'une installation nécessitant du CO_2 ou un mélange comportant du CO_2, telle qu'un abattoir ou encore une serre de culture de végétaux

La présente invention concerne les procédés et installations utilisant du CO_2 gazeux, notamment dans l'industrie agro-alimentaire.
On trouve dans ce domaine notamment le secteur de la boisson, les atmosphères modifiées pour la conservation des produits alimentaires, ou l'anesthésie de volailles dans les abattoirs, ou bien encore la culture de végétaux sous serre.

Le besoin de CO_2 dans les pays développés est toujours croissant (notamment pour les applications citées ci-dessus).
Ce CO_2 est majoritairement issu des usines d'engrais et de méthanol (sous-produit) ou encore des usines de production d'hydrogène. La disponibilité de cette molécule devient dès lors critique en raison des arrêts fréquents des usines de production d'engrais et des tensions géopolitiques, qui ont alors un impact fort sur le prix du gaz.

On observe alors couramment dans de nombreux pays, en raison de ces crises fréquentes, le fait que par exemple des serristes n'ont pas été livrés en CO_2 marchand plusieurs mois par an ces dernières années, ce qui a, on le comprend bien, un impact direct sur leur productivité.
A cela s'ajoutent des contraintes environnementales fortes, du fait de la volonté des Pays Développés de réduire les émissions de gaz à effet de serre, ce qui va impacter directement les méthodes de production du CO_2, en favorisant la recherche de solutions visant à réduire l'empreinte carbone.

La présente invention s'attache à proposer une solution innovante pour produire du CO_2 sur le site même d'un utilisateur de ce CO_2.
Comme on le verra plus en détails dans ce qui suit, la présente invention se propose d'utiliser le ou les équipements de production de chaleur (chaudières) présents traditionnellement sur de tels site, en le ou les convertissant à l'oxycombustion. De

cette manière, la chaleur produite par les chaudières sera issue de la production du CO_2 et considérée de ce fait comme “chaleur fatale” au sens de la législation.

L’oxycombustion est un procédé de combustion dans lequel le gaz comburant n’est plus de l’air mais de l’oxygène « pur » (i.e caractérisé par une pureté généralement supérieure à 95%, et 99% pour l’oxygène liquide).
L’oxy-combustion (donc à l’oxygène et non pas à l’air) est déjà mise en œuvre par certaines industries fonctionnant à haute température (verreries, cimenteries, usines de métallurgie….) car celle-ci apporte un certain nombre d’avantages parmi lesquels on peut citer :

- La diminution du volume des fumées grâce à la diminution/suppression du ballast d’azote.
- L’augmentation du rendement thermique directement lié à la diminution du volume des fumées (du fait de moindres pertes thermiques dans les fumées).
- L’intensification des transferts thermiques grâce à deux phénomènes : l’augmentation de la température de flamme et l’augmentation des flux thermiques de rayonnement due à des fumées essentiellement composées de gaz émetteurs (CO_2, H_2O).
- La réduction des émissions polluantes type NOx thermiques ou dioxines (liée à la réduction du volume de comburant). La littérature spécialisée annonce ici des gains allant de 10 à 40 % sur le combustible. La chauffe du comburant et du combustible permet également une baisse de la consommation de ce dernier.

L’objectif est en effet d’augmenter la teneur en CO_2 des fumées de combustion en éliminant le ballast d’azote, celles-ci contenant alors majoritairement du CO_2 et de l’eau. Plus l’oxygène utilisé pour la combustion est pur, plus les fumées de combustion se rapprochent d’un mélange binaire H_2O/CO_2. La principale étape du captage de CO_2 consiste alors à condenser l’eau.
Un autre avantage important réside dans la réduction du volume des fumées à traiter. Les contaminants résiduels sont moins dilués qu’en combustion en air combustible.

On s’intéresse donc selon la présente invention à des sites utilisateurs de CO_2, munis par ailleurs d'une chaudière apte à fournir de l'eau chaude au site, cette chaudière,

notamment à condensation, mettant en oeuvre une oxy-combustion entre un combustible (CH_4, C_3H_8...). et de l'oxygène pur, l'oxygène alimentant la chaudière étant obtenu à partir d'une source d'oxygène liquide présente sur le site.
Et l'on procède alors selon la présente invention à la récupération de tout ou partie du CO_2 contenu dans les fumées produites par la chaudière, par le fait que l'on organise, dans un échangeur, un échange thermique entre lesdites fumées et l'oxygène liquide.

C'est en effet le mérite de la présente invention d'avoir proposé de tirer profit des frigories « gratuites » de l'oxygène liquide présent déjà sur le site, pour épurer et dans certains cas liquéfier le CO_2 présent dans le fumées produites par la chaudière, ceci sans l'apport d'énergie électrique qui serait normalement nécessaire à un tel changement d'état (par compression détente).

Le CO_2 "pur" ainsi obtenu (récupéré) sous sa forme gaz ou liquide peut être stocké (séquestré) en vue d'une utilisation ultérieure sur le site considéré, ou bien utilisé « en flux tendu », en flux « synchronisé » avec le besoin d'eau chaude et donc l'opération de la chaudière.

L'échangeur thermique utilisé peut être à titre illustratif un échangeur à plaques, ou encore un échangeur tubulaire.
Au sein de l'échangeur, est réalisé, du fait de l'abaissement de la température, un changement d'état du CO_2 qui est liquide à 20bars / - 20°C.

Le fonctionnement d'une chaudière gaz à condensation reprend le même principe qu'une chaudière traditionnelle et permet en plus de tirer profit de toute l'énergie produite lors de la combustion du gaz.
Dans une chaudière classique, le circuit d'eau du chauffage central est réchauffé grâce à la combustion du gaz naturel. La chaudière gaz à condensation tire profit de l'énergie contenue dans les fumées de combustion. Les fumées émises lors de la combustion du gaz naturel contiennent de la vapeur d'eau, cette dernière condense, en libérant de la chaleur. L'eau de retour du circuit de chauffage se réchauffe grâce à cette énergie, et l'évacuation de l'eau libérée lors de la condensation (les condensats) se fait par le réseau des eaux usées.

A titre d'exemple on peut considérer que pour l'anesthésie de poulets ou de cochons, le besoin de CO_2 est avantageusement synchronisé avec le besoin d'eau chaude, la baisse de température obtenue par la valorisation des frigories de l'oxygène liquide permet d'épurer le gaz CO_2 (à 20 bars et -20°C par exemple, seul le CO_2 sera liquide).
Toujours à titre d'exemple, pour d'autres applications, par exemple des serres de cultures de végétaux, il est avantageux de stocker le CO_2 liquide dans un réservoir CO_2 traditionnel pour l'utiliser à un autre moment.
A titre d'exemple pour les serres de tomates, les serristes chauffent la serre la nuit, donc produisent du CO_2 la nuit, tandis qu'ils nécessitent du CO_2 le jour pour la photosynthèse, il est donc nécessaire de stocker le CO_2 dans un réservoir cryogénique.

Bien entendu l'homme du métier connait l'existence d'un état de l'art antérieur, que l'on peut notamment illustrer par les document JP2009/203860 et WO2022/070125, qui concernent des installations de type centrale électrique ou générateur, où à titre d'exemple dans le document JP2009/203860 une turbine (10) est alimentée en un fluide supercritique, par exemple de l'azote, ou par exemple du CO_2, où le fluide rejeté par la combustion est épuré de son CO_2 par échange avec de l'oxygène liquide, le CO_2 ainsi récupéré est dirigé vers un réservoir adéquate (« Water goes to the waste water reservoir 83 and carbon dioxide goes to the waste carbon dioxide reservoir 84 »), pour des raisons environnementales (zéro émission de CO_2, couche d'ozone…).

Dans tous les cas :
- ces documents antérieurs n'abritent pas une chaudière à oxycombustion d'alimentation d'un site donné en eau chaude ;
- ces documents antérieurs ne décrivent pas une situation où ce site consommateur d'eau chaude nécessite par ailleurs pour un équipement de ce site (tel qu'un abattoir ou encore une serre de culture de végétaux), du CO_2 gazeux ou un mélange de gaz comportant du CO_2 ;

- ces documents antérieurs ne décrivent pas l'utilisation du CO_2 récupéré dans les fumées de la chaudière pour alimenter un tel équipement consommateur de CO_2 .

La présente invention concerne alors un procédé d'alimentation en CO_2 gazeux d'un site comportant une installation nécessitant du CO_2 ou un mélange comportant du CO_2, telle qu'un abattoir ou encore une serre de culture de végétaux, se caractérisant par la mise en oeuvre des mesures suivantes :

- on dispose au sein dudit site d'une chaudière apte à fournir de l'eau chaude au site, cette chaudière mettant en oeuvre une oxy-combustion entre un combustible et de l'oxygène pur, l'oxygène alimentant la chaudière étant obtenu à partir d'une source d'oxygène liquide présente sur le site;
- on procède à la récupération de tout ou partie du CO_2 contenu dans les fumées produites par la chaudière, par le fait que l'on organise, dans un échangeur, un échange thermique entre lesdites fumées et l'oxygène liquide.

La présente invention est donc également relative à un procédé et appareil de purification et liquéfaction de CO_2, sur le site utilisateur, ceci en valorisant les frigories de l'oxygène liquide présent sur le site.
Cette liquéfaction du CO_2 peut être précédée d'un ou plusieurs traitements des fumées par des méthodes de séparation physique et/ou chimique, mais également cryogénique, visant à :

- chauffer l'oxygène et le gaz combustible, pour améliorer la combustion et réduire les rejets d'oxydes d'azote ;
- condenser la vapeur d'eau des fumées et récupérer parfaitement la chaleur de condensation ou énergie latente (en abaissant la température des fumées la vapeur d'eau se transforme en eau liquide).
- supprimer d'éventuelles poussières générées par le foyer de la chaudière (poussière réfractaire).

A titre d'exemple, l'Oxy-Combustion au méthane nécessite 64g d'oxygène pour 16 g de CH_4 et produira 36 g d'eau qui seront facilement séparées et 44g de CO_2. Le rapport O_2/ CO_2 est donc de 64/44= 1,45.

Le CO_2 nécessite approximativement 85 Kcal/kg pour passer de +20°C à -20°C (20 bar). L'oxygène liquide libère 71,7 Kcal/kg à 8 bars de sa forme liquide à une température de - 30°C. La puissance frigorifique théorique disponible est donc de (71,7 x 1,45) + 103 Kcal pour liquéfier un kg de CO_2.

Les avantages de l'utilisation d'oxygène liquide précédemment cités permettent à l'utilisateur d'une telle oxycombustion de financer une bonne partie (voire la totalité) de l'oxygène nécessaire à la combustion. Sachant que le choix de la séquestration du CO_2 est de valoriser ce gaz sur des procédés qui utilisent habituellement un CO_2 marchand, l'utilisateur dispose ici d'un CO_2 largement compétitif, cet utilisateur a par ailleurs réduit ses rejets de CO_2 en réduisant sa consommation de CH_4 et en n'utilisant pas de source « marchande » de CO_2 , puisque la source est récupérée sur le site.

La [Figure 1] annexée illustre un exemple d'équipement convenant pour la mise en œuvre de l'invention, dans le cas d'une utilisation sur le site considéré pour faire de l'anesthésie de volailles en tunnel. Dans le cas de cette installation, on a travaillé dans des conditions où le besoin de CO_2 est synchronisé avec le besoin d'eau chaude : de l'eau chaude est utilisée pour déplumer les volailles et du CO_2 gazeux est utilisé pour endormir les volailles. Dans ce cas-ci il n'était pas nécessaire de liquéfier le CO_2.

La nomenclature des éléments présents sur cette Figure 1 est la suivante :

- 1 : stockage oxygène liquide.
- 2 : vaporisateur O_2. : cet échangeur 2 réalise l'échange thermique entre les fumées et l'oxygène liquide, on y abaisse la température des fumées à une température typiquement proche de 2°C pour enlever le maximum d'eau possible, et garder alors du CO_2.
- 3 : platine de régulation de l'injection de O_2 et CH_4.
- 4 : chaudière.
- 5 : bruleur.
- 6 : module d'analyse des fumées.

- 7 : épurateur cryogénique.
- 8 : turbine basse pression (la turbine 8 permet d'aspirer les fumées en provenance de l'échangeur 7 et de les envoyer dans le tunnel 20, en contrant par ailleurs les pertes de pression intervenant aux différentes étapes précédentes).
- 9 : vanne de régulation (qui est pilotée par le tunnel d'anesthésie, si le tunnel est à l'arrêt les gaz sont envoyés à l'extérieur, tandis que plus le tunnel nécessite du CO_2 plus la vanne s'ouvre vers le circuit du tunnel).
- 10 : réchauffeur CH_4 (ce réchauffeur permet de réchauffer le gaz combustible avant de l'envoyer dans le brûleur).
- 11 : réchauffeur O_2 (ce réchauffeur permet de réchauffer l'oxygène avant de l'envoyer dans le brûleur).
- 12 : condenseur fumées (permet de réchauffer l'eau avant de l'envoyer dans la chaudière).
- 13 : eau de ville ou forage , qui sera chauffée pour l'utilisation du site, mais cette eau qui est froide (généralement 10 à 20 °C) , permet également d'abaisser la température des fumées en sortie de chaudière.
- 14 : combustible nécessaire à chauffer l'eau, par la chaudière , ce combustible peut être également chauffé pour augmenter le rendement de combustion .
- 20 : tunnel anesthésie de volailles.

Détaillons dans ce qui suit ce qui intervient aux différents équipements présents sur la Figure 1, ainsi qu'un exemple de mise en œuvre donnant les caractéristiques thermiques des fluides intervenant à chaque étape, données ne représentant qu'un exemple de mise en œuvre qui ne sont qu'illustratives des équipements et conditions opératoires utilisés ici :

- Au niveau de la chaudière 4 : l'eau de ville y entre à une température voisine de 25°C et en ressort à une température voisine de 85°C, les fumées sortent de la chaudière à une température voisine de 220°C.
- au niveau du réchauffeur 10, le gaz combustible entre à une température voisine de 15°C et en sort à une température voisine de 95°C, et les fumées sortent de cet élément 10 à une température voisine de 210°C.

- au niveau du réchauffeur 11, l'oxygène entre à une température voisine de 5°C et en ressort à une température voisine de 95°C, et les fumées sortent de cet élément 11 à une température voisine de 200°C.
- au niveau du condenseur 12, l'eau de ville y entre à une température voisine de 5°C et en ressort à une température voisine de 25°C, et les fumées sortent de cet élément 12 à une température voisine de 90°C (L'échangeur 12 permet donc de récupérer des calories dans les fumées et préchauffe l'eau qui va rentrer dans la chaudière (principe des chaudières à condensation)).
- au niveau de l'échangeur 2, l'oxygène entre à une température voisine de -183°C et en ressort à une température voisine de +5°C, et les fumées sortent de cet élément 2 à une température voisine de +2°C. A cette étape, l'eau est entièrement condensée, il ne reste que du CO_2.
- au niveau de l'élément 7, l'eau de ville y entre à une température voisine de 15°C et en ressort à une température voisine de 5°C, et les fumées sortent de cet élément 7 à une température voisine de 10°C (l'échangeur 7 permet donc de remonter la température du CO_2 autour de 10-12°C après en avoir enlevé l'eau, ce qui est requis pour de telles application d'anesthésie selon les législations en vigueur) .

Considérons dans ce qui suit l'exemple d'un abattoir de 40 tonnes/h, anesthésiant dans les conditions suivantes :

- Un besoin de CO_2 de 5 gr par kg de volaille
- Pour une production de 10000 poulets par heure, en considérant des poulets pesant en moyenne 2,2 kg chacun, on obtient un besoin de 110 kg de CO_2 par heure, d'où 2500 mol/h de CO_2, et donc 2500 x 2 = 5 000 mol/h d'oxygène, i.e 160 Kg d'oxygène.
- 2500 mol de CH_4 x 16 = 40 kg de CH_4 par heure.
- Considérant que la combustion du méthane à 25 °C libère une énergie de 39,77 MJ/m^3 (55,53 MJ/kg), soit 11,05 kWh/m^3 (15,42 kWh/kg= 616 KWh).
- La masse de CO_2 rejetée par mole d'octane consommée est de 44 g.
- Le rapport consommation de méthane/ rejets de CO_2 est de 44/16 = 2,75 g.
- 1 kg de méthane rejette 2,75kg de CO_2.

- Un gain de 20% sur le CH_4 (gain d'énergie avec absence azote + élévation T°C comburant/combustible, transferts radiatifs) : (616/100)x20=123 Kw
- 123 x 0,10€ le Kw gaz (prix que l'on peut considérer comme référence) = 12,3€ par heure
- Dans les conditions de la présente simulation, le gain sur le gaz naturel permet de payer une partie de l'oxygène pour l'élaboration du CO_2 :
    - 160 x 0,088€ le kg= 14,08€ O_2 par heure
    - 14,08 - 12,3 = 1,78€ pour 110 kg de CO_2 soit 1,78/110 x 1000= 16,1 .
    - Ce qui revient à un coût du CO_2 à 16,1€/Tonne
    - Si aucun gain n'intervient sur la combustion, le prix du CO_2 est voisin de 134,5€ la tonne (à comparer à environ 150€/Tonne pour le CO_2 marchand).

On considère généralement dans ce domaine des tunnels d'anesthésie de volailles que l'on souhaite atteindre une teneur en CO_2 dans le tunnel qui est au moins de 55%.
Et donc il faut souligner le fait qu'un combustion air/CH_4 ne permettrait pas d'atteindre des valeurs suffisantes de CO_2 dans les fumées (la présence d'azote dans l'air de combustion limite la concentration à 11,5% de CO_2).

On vient de développer en détails dans le cadre de la Figure 1 l'exemple d'une installation d'anesthésie de volailles en tunnel, où l'on a travaillé dans des conditions où le besoin de CO_2 est synchronisé avec le besoin d'eau chaude : de l'eau chaude est utilisée pour déplumer les volailles et du CO_2 gazeux est utilisé pour endormir les volailles, il n'est dès lors pas nécessaire ici de liquéfier le CO_2.
Mais dans d'autres applications, il sera utile de liquéfier le CO_2, par exemple citons le cas d'une utilisation du CO_2 pour les serristes, le besoin de CO_2 correspond à la photosynthèse de la plante donc dans la journée, tandis que le besoin de chauffer la serre est majoritairement effectif durant la nuit (où il fait plus froid).
Donc pour ces utilisateurs il est avantageux de liquéfier le CO_2 la nuit pour le distribuer le jour (à la lumière du soleil).
On configurera alors l'échangeur 2 pour descendre à -20°C et 20 bars, en ayant ajouté un compresseur à l'entrée de l'échangeur 2 , le moyen 8 n'ayant alors plus de raison

d'être dans une telle application (on notera que cette variante « serriste » n'est pas représentée sur la Figure 1).

L'échangeur 2 pour effectuer une telle liquéfaction peut être également un cryo-condenseur, qui est un échangeur de chaleur fonctionnant à basse température, l'effluent gazeux issu du procédé industriel pénètre à l'intérieur d'une calandre, puis chemine à travers une série de chicanes, autour d'un faisceau tubulaire à ailettes dans lequel circule un cryogène liquide.

On l'a dit, le CO_2 est un gaz qui change d'état en phase solide à une pression proche de 4,7 bar , il faut donc éviter de s'approcher de cette pression.
Une pression entre 16 bar et 20 bar est économiquement favorable, tandis qu'une température de - 20°C nécessite peu d'investissements en termes d'isolation .
On considère donc généralement que le couple « 20 bar, -20°C » représente le meilleur compromis.

REVENDICATIONS

1. Un procédé d'alimentation en CO_2 gazeux d'un site comportant une installation (20) nécessitant du CO_2 ou un mélange comportant du CO_2, telle qu'un abattoir ou encore une serre de culture de végétaux, se caractérisant par la mise en oeuvre des mesures suivantes :

- on dispose au sein dudit site d'une chaudière (4) apte à fournir de l'eau chaude au site, cette chaudière mettant en oeuvre une oxy-combustion entre un combustible (14) et de l'oxygène pur (1), l'oxygène alimentant la chaudière étant obtenu à partir d'une source d'oxygène liquide (1) présente sur le site;
- on procède à la récupération de tout ou partie du CO_2 contenu dans les fumées produites par la chaudière, par le fait que l'on organise, dans un échangeur (2), un échange thermique entre lesdites fumées et l'oxygène liquide.

2. Procédé selon la revendication 1, se caractérisant en ce que le CO_2 ainsi récupéré est sous sa forme gazeuse et il est stocké (séquestré) en vue d'une utilisation ultérieure sur le site considéré, ou bien utilisé « en flux tendu », en flux « synchronisé » avec le besoin d'eau chaude.

3. Procédé selon la revendication 1, se caractérisant en ce que le CO_2 ainsi récupéré est sous sa forme liquide et il est stocké dans un réservoir pour CO_2 liquide en vue d'une utilisation ultérieure sur le site considéré.

4. Procédé selon la revendication 3, se caractérisant en ce que ledit échangeur dans lequel on organise un échange thermique entre lesdites fumées et l'oxygène liquide est configuré pour amener les fumées entrant dans l'échangeur dans des conditions de pression et température permettant la liquéfaction du CO_2 présent dans ces fumées, en tirant ainsi profit des frigories de l'oxygène liquide présent sur le site, ceci sans nécessité d'un apport d'énergie électrique qui serait normalement nécessaire à un tel changement d'état.

5. Procédé selon la revendication 2, où ladite installation nécessitant du CO_2 est une installation d'anesthésie de volailles ou d'autres animaux, avant abattage.

6. Procédé selon la revendication 3 ou 4, où ladite installation nécessitant du CO_2 est une installation de culture de végétaux sous serre, où le besoin de CO_2 intervient essentiellement durant la journée, tandis que le besoin de chauffer la serre intervient essentiellement durant la nuit, le CO_2 récupéré sous forme liquide durant la nuit i.e durant la phase d'opération de la chaudière étant stocké dans un réservoir pour CO_2 liquide en vue d'une utilisation de ce CO_2 durant la journée lorsque la serre le nécessite.

7. Procédé selon l'une des revendication précédentes, se caractérisant en ce que ledit échange thermique entre lesdites fumées et l'oxygène liquide est précédé par un ou plusieurs traitements des fumées (12, 11, 10, 7, ...) par des méthodes de séparation physique et/ou chimique et/ou cryogénique, visant à réaliser une ou plusieurs des actions suivantes :

- chauffer l'oxygène et le gaz combustible, pour améliorer la combustion intervenant dans la chaudière et réduire les rejets d'oxydes d'azote ;
- condenser la vapeur d'eau des fumées ;
- supprimer d'éventuelles poussières générées par le foyer de la chaudière .

8. Dispositif d'alimentation en CO_2 gazeux d'un site comportant une installation (20) nécessitant du CO_2 ou un mélange comportant du CO_2, telle qu'un abattoir ou encore une serre de culture de végétaux, site qui comporte une chaudière (4) apte à fournir de l'eau chaude au site, cette chaudière mettant en oeuvre une oxy-combustion entre un combustible (14) et de l'oxygène pur (1), l'oxygène alimentant la chaudière étant obtenu à partir d'une source d'oxygène liquide (1) présente sur le site, se caractérisant en ce qu'il comporte un échangeur thermique (2), permettant d' organiser un échange thermique entre lesdites fumées et l'oxygène liquide pour permettre la récupération de tout ou partie du CO_2 contenu dans les fumées produites par la chaudière, et l'alimentation à l'aide de ce CO_2 ainsi récupéré de ladite installation.

9. Dispositif selon la revendication 8, se caractérisant en ce que le CO_2 ainsi récupéré est sous sa forme liquide et en ce que le dispositif comporte des moyens de stockage du CO_2 ainsi récupéré sous forme liquide en vue d'une utilisation ultérieure sur le site considéré.

10. Dispositif selon la revendication 8, se caractérisant en ce que le CO_2 ainsi récupéré est sous sa forme gazeuse et en ce que le dispositif comporte des moyens de stockage du CO_2 ainsi récupéré en vue d'une utilisation ultérieure sur le site considéré.

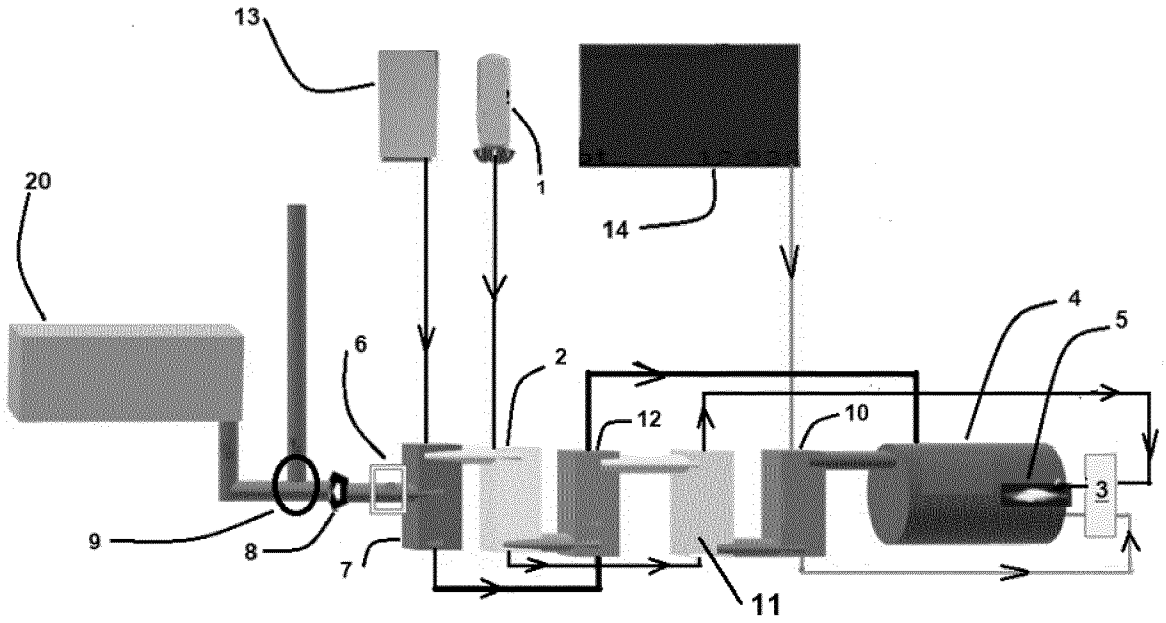
11. Dispositif selon la revendication 8 ou 9, se caractérisant en ce que ledit échangeur thermique (2) permettant d'organiser un échange thermique entre lesdites fumées et l'oxygène liquide est configuré pour amener les fumées entrant dans l'échangeur dans des conditions de pression et température permettant la liquéfaction du CO_2 présent dans ces fumées, en tirant ainsi profit des frigories de l'oxygène liquide présent sur le site, ceci sans nécessité d'un apport d'énergie électrique qui serait normalement nécessaire à un tel changement d'état.

12. Dispositif selon l'une des revendications 8 à 11, se caractérisant en ce qu'il comporte des moyens (12, 11, 10, 7, ...) de traitement des fumées avant leur arrivée dans l'échangeur, moyens de traitement mettant en œuvre des méthodes de séparation physique et/ou chimique et/ou cryogénique, visant à réaliser une ou plusieurs des actions suivantes :

- chauffer l'oxygène et le gaz combustible, pour améliorer la combustion intervenant dans la chaudière et réduire les rejets d'oxydes d'azote ;
- condenser la vapeur d'eau des fumées ;
- supprimer d'éventuelles poussières générées par le foyer de la chaudière .

1/1

[Fig.1]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2023/068890

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F23J 15/06(2006.01)i; ***F23L 7/00***(2006.01)i; ***F23L 15/00***(2006.01)i; ***F24D 15/00***(2022.01)i; ***A01G 9/18***(2006.01)i; ***A01G 9/24***(2006.01)i; ***A22B 3/00***(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F23J; F23L; F24D; F24H; A01G; A22C; A22B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2009203860 A (TOMOTA TAKEO) 10 September 2009 (2009-09-10) figures 1-4 and relevant passages in the description	1-4,7-12 5,6
X	WO 2022070125 A1 (SAIPEM SPA [IT]) 07 April 2022 (2022-04-07) page 12, line 19 - page 36, line 22 figures 1-7	1,2,7,8,10-12
Y	EP 2674032 A1 (LINDE AG [DE]) 18 December 2013 (2013-12-18) column 5, paragraph 34 - column 8, paragraph 43 figure 1	5
Y	EP 2130426 A2 (INST GEMUESE & ZIERPFLANZENBAU [DE]) 09 December 2009 (2009-12-09) the whole document	6
A	DE 3614387 A1 (BRUSIUS KLAUS) 29 October 1987 (1987-10-29) column 3, line 48 - column 10, line 34 figures 1-4	1,6

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
26 September 2023	**06 October 2023**

Name and mailing address of the ISA/EP
European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands
Telephone No. **(+31-70)340-2040**
Facsimile No. **(+31-70)340-3016**

Authorized officer
Rudolf, Andreas
Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DD 243422 A1 (INST EN U TRANSPORTFORSCHUNG [DD]) 04 March 1987 (1987-03-04) the whole document	1,6
A	WO 2008128027 A1 (PRAXAIR TECHNOLOGY INC [US]; LANG GARY DEE [US] ET AL.) 23 October 2008 (2008-10-23) page 2, paragraph 8 - page 6, paragraph 21 figures 1, 2	1,5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2023/068890

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2009203860 A	10 September 2009	NONE	
WO 2022070125 A1	07 April 2022	EP 4222356 A1	09 August 2023
		WO 2022070125 A1	07 April 2022
EP 2674032 A1	18 December 2013	AU 2013276905 A1	20 November 2014
		BR 112014030343 A2	27 June 2017
		CN 104378992 A	25 February 2015
		EP 2674032 A1	18 December 2013
		KR 20150030666 A	20 March 2015
		US 2015157031 A1	11 June 2015
		WO 2013185910 A1	19 December 2013
EP 2130426 A2	09 December 2009	DE 102008027635 A1	17 December 2009
		EP 2130426 A2	09 December 2009
DE 3614387 A1	29 October 1987	NONE	
DD 243422 A1	04 March 1987	NONE	
WO 2008128027 A1	23 October 2008	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2023/068890

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. F23J15/06 F23L7/00 F23L15/00 F24D15/00 A01G9/18
A01G9/24 A22B3/00

ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

F23J F23L F24D F24H A01G A22C A22B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X Y	JP 2009 203860 A (TOMOTA TAKEO) 10 septembre 2009 (2009-09-10) figures 1-4 et passages pertinents de la description	1-4,7-12 5,6

X	WO 2022/070125 A1 (SAIPEM SPA [IT]) 7 avril 2022 (2022-04-07) page 12, ligne 19 - page 36, ligne 22 figures 1-7	1,2,7,8, 10-12

Y	EP 2 674 032 A1 (LINDE AG [DE]) 18 décembre 2013 (2013-12-18) colonne 5, alinéa 34 - colonne 8, alinéa 43 figure 1	5

	-/--	

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent;; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent;; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
26 septembre 2023	06/10/2023

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Rudolf, Andreas

1

Formulaire PCT/ISA/210 (deuxième feuille) (avril 2005)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2023/068890

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	EP 2 130 426 A2 (INST GEMUESE & ZIERPFLANZENBAU [DE]) 9 décembre 2009 (2009-12-09) le document en entier	6
A	DE 36 14 387 A1 (BRUSIUS KLAUS) 29 octobre 1987 (1987-10-29) colonne 3, ligne 48 - colonne 10, ligne 34 figures 1-4	1,6
A	DD 243 422 A1 (INST EN U TRANSPORTFORSCHUNG [DD]) 4 mars 1987 (1987-03-04) le document en entier	1,6
A	WO 2008/128027 A1 (PRAXAIR TECHNOLOGY INC [US]; LANG GARY DEE [US] ET AL.) 23 octobre 2008 (2008-10-23) page 2, alinéa 8 - page 6, alinéa 21 figures 1, 2	1,5

1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2023/068890

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 2009203860 A	10-09-2009	AUCUN	
WO 2022070125 A1	07-04-2022	EP 4222356 A1	09-08-2023
		WO 2022070125 A1	07-04-2022
EP 2674032 A1	18-12-2013	AU 2013276905 A1	20-11-2014
		BR 112014030343 A2	27-06-2017
		CN 104378992 A	25-02-2015
		EP 2674032 A1	18-12-2013
		KR 20150030666 A	20-03-2015
		US 2015157031 A1	11-06-2015
		WO 2013185910 A1	19-12-2013
EP 2130426 A2	09-12-2009	DE 102008027635 A1	17-12-2009
		EP 2130426 A2	09-12-2009
DE 3614387 A1	29-10-1987	AUCUN	
DD 243422 A1	04-03-1987	AUCUN	
WO 2008128027 A1	23-10-2008	AUCUN	