

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

2 957 408

②1 N° d'enregistrement national : 10 51676

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : F 25 J 3/04 (2006.01)

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 09.03.10.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 16.09.11 Bulletin 11/37.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME  
POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCE-  
DES GEORGES CLAUDE Société anonyme — FR.

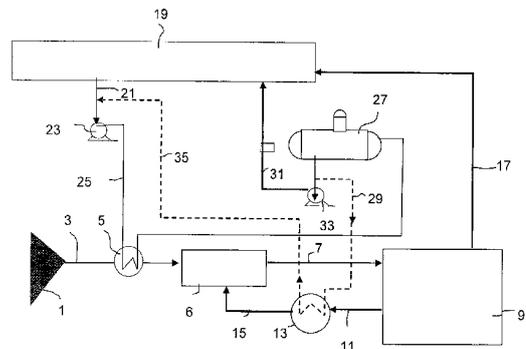
⑦2 Inventeur(s) : DUBETTIER-GRENIER RICHARD et  
TRANIER JEAN PIERRE.

⑦3 Titulaire(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME  
POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCE-  
DES GEORGES CLAUDE Société anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : L'AIR LIQUIDE.

⑤4 PROCÉDE ET APPAREIL DE CHAUFFAGE D'UN GAZ DE L'AIR PROVENANT D'UN APPAREIL DE  
SÉPARATION D'AIR.

⑤7 Un appareil de chauffage d'un gaz de l'air produit par  
séparation d'air comprend un échangeur de chaleur (13),  
une conduite pour y envoyer le gaz de l'air et une conduite  
pour y envoyer un fluide calorigène, la conduite pour en-  
voyer le fluide calorigène à l'échangeur de chaleur étant re-  
liée à un point d'une conduite d'eau sous forme de liquide,  
le point étant en amont ou en aval d'un échangeur de pré-  
chauffage d'eau (5) ou un dégazeur d'eau (27), l'échangeur  
de préchauffage et/ou le dégazeur étant en amont d'une  
chaudière (19).



FR 2 957 408 - A1



La présente invention est relative à un procédé et à un appareil de chauffage d'un gaz de l'air provenant d'un appareil de séparation d'air. Il est fréquemment nécessaire de chauffer un des produits gazeux d'un appareil de séparation d'air pour l'amener à une température d'utilisation. En particulier, il est connu :

- d'utiliser un réchauffeur électrique ou à vapeur d'eau pour chauffer l'azote résiduaire venant d'une boîte froide pour régénérer les adsorbants d'une unité d'épuration d'air en amont de la boîte froide ;

- de préchauffer l'oxygène injecté dans une chaudière d'oxycombustion avec des fumées.

Utiliser de l'électricité pour chauffer un fluide revient à gâcher de l'énergie « noble » car le rendement de conversion entre énergie thermique et énergie électrique ne dépasse pas 50 % au mieux.

Dans une centrale électrique, soutirer de la vapeur du cycle vapeur peut entraîner des pertes de production électrique significatives.

D'un point de vue thermodynamique dans la Figure 1, on voit que le diagramme d'échange représentant en abscisses l'échange de chaleur  $E$  et la température  $T$  en ordonnées pour le chauffage d'azote résiduaire  $WN_2$  avec de la vapeur d'eau  $V$  est pincé au bout chaud, mais présente un fort  $\Delta T$  au bout froid. Même en récupérant la chaleur des condensats de la vapeur (on aurait alors un  $\Delta T$  plus faible au bout froid), le diagramme d'échange resterait globalement très écarté (c'est-à-dire que la surface entre les courbes reste très grande, ce qui signifie beaucoup de perte entropique)

Dans une centrale électrique de type « oxycombustion », pour la préchauffe d'oxygène :

- on peut utiliser les fumées de la chaudière ;
- on peut améliorer le rendement global de l'installation en récupérant des calories en sortie des compresseurs de l'appareil de séparation d'air.

Dans ce dernier cas, on peut avoir un échangeur gaz/gaz (air/ $O_2$ ), mais celui-ci est alors un très gros équipement qui nécessite beaucoup de surface d'échange, tout en ayant une très faible perte de charge.

Un but de l'invention est de trouver un moyen de chauffage à bas coût et à température sensiblement constante permettant un échange de chaleur efficace pour chauffer un gaz de l'air.

Selon un objet de l'invention, il est prévu un appareil de chauffage d'un gaz de l'air produit par séparation d'air comprenant un échangeur de chaleur, une conduite pour y envoyer le gaz de l'air et une conduite pour y envoyer un fluide calorigène, caractérisé en ce que la conduite pour envoyer le fluide calorigène à l'échangeur de chaleur est reliée à un point d'une conduite d'eau sous forme de liquide, le point étant en amont ou en aval d'un échangeur de préchauffage d'eau ou un dégazeur d'eau, l'échangeur de préchauffage et/ou le dégazeur étant en amont d'une chaudière, par exemple une chaudière d'oxycombustion.

10 Selon d'autres aspects facultatifs :

- la conduite envoyant le fluide calorigène à l'échangeur de chaleur est reliée au point d'une conduite d'eau, le point étant en aval de l'échangeur de préchauffage d'eau ou du dégazeur d'eau ;

15 - le gaz de l'air est riche en oxygène et éventuellement l'échangeur de chaleur est relié à la chaudière pour y envoyer le gaz riche en oxygène chauffé ;

- une conduite relie l'échangeur de chaleur avec l'échangeur de préchauffage pour envoyer l'eau ayant servi à chauffer le gaz de l'air à l'échangeur de préchauffage pour s'y chauffer ;

20 - une conduite d'amenée de vapeur d'eau est reliée à la conduite envoyant le fluide calorigène à l'échangeur de chaleur pour augmenter la température de l'eau en amont de l'échangeur de chaleur soit par injection directe, soit par échange indirect.

25 Un autre objet de l'invention est une installation combinée d'un appareil tel que décrit ci-dessus et d'un appareil de séparation d'air comprenant une conduite d'amenée d'air comprimé, une unité d'épuration et une boîte froide, contenant un système de colonnes de distillation, une conduite de production d'un gaz riche en azote reliant la boîte froide et l'unité d'épuration et dans lequel l'échangeur de chaleur est relié à la conduite de production, de sorte que le gaz riche en azote se réchauffe en amont de l'unité d'épuration.

30 Un autre objet de l'invention est une installation combinée d'un appareil tel que décrit ci-dessus et d'un appareil de séparation d'air comprenant une conduite d'amenée d'air comprimé, une unité d'épuration, une boîte froide, contenant un système de colonnes de distillation l'échangeur de préchauffage

étant relié à la conduite d'amenée d'air comprimé ou une conduite de gaz de l'air provenant de la boîte froide afin d'assurer le chauffage d'eau destinée à la chaudière (et éventuellement au dégazeur).

Selon un autre objet de l'invention, il est prévu un procédé de chauffage d'un gaz de l'air produit par séparation d'air dans lequel un gaz de l'air est chauffé par échange de chaleur indirect avec un fluide calorigène, caractérisé en ce que le fluide calorigène est de l'eau sous forme de liquide prélevée en amont ou en aval d'un échangeur de préchauffage d'eau ou un dégazeur d'eau, l'échangeur de préchauffage et/ou le dégazeur traitant de l'eau destinée à une chaudière, par exemple une chaudière d'oxycombustion, l'eau étant de préférence à une température entre 100 et 200°C.

De préférence :

- le fluide calorigène utilisé pour chauffer le gaz de l'air a été chauffé dans l'échangeur de préchauffage et éventuellement dégazé dans le dégazeur ;
- l'eau utilisée comme fluide calorigène est à une pression entre 5 et 20 bars absolus.

L'avantage thermique de l'usage d'un débit d'eau sous forme liquide BFW pour chauffer le gaz de l'air apparaît clairement dans la Figure 2 où le diagramme d'échange représentant en abscisses l'échange de chaleur E et la température T en ordonnées pour le chauffage d'azote résiduaire WN2, le  $\Delta T$  étant uniforme et réduit à travers tout le réchauffage.

L'invention sera décrite en plus de détails en se référant aux figures, les figures 3 et 4 représentant des appareils de chauffage selon l'invention.

Dans la Figure 3, on représente un appareil de séparation d'air comprenant un compresseur 1, un échangeur 5, une unité d'épuration 6 et une boîte froide 9. De l'air 3, comprimé dans le compresseur, est refroidi dans l'échangeur 5 par échange de chaleur avec de l'eau sous forme liquide destinée à une chaudière d'oxycombustion 19. L'air refroidi est épuré dans l'unité d'épuration 6 pour former de l'air épuré 7 puis est séparé dans la boîte froide 9 contenant un échangeur et un système de colonnes. De la boîte froide sont produits un débit riche en oxygène 17, qui est envoyé à la chaudière d'oxycombustion 19, et un débit gazeux riche en azote 11 à la température ambiante, par exemple entre 0 et 30°C. L'azote est chauffé dans un échangeur de chaleur indirect 13 au moyen d'un débit d'eau chaude sous forme liquide 29

à une température entre 100 et 200°C. L'eau chaude 29 entre dans l'échangeur 13 à entre 100 et 200°C et une pression entre 5 et 20 bars absolus pour être refroidie à entre 20 et 60°C. L'azote chauffé 15 sert à régénérer l'unité d'épuration 5.

5 L'eau chaude 29 à entre 100 et 200°C provient dans le cas illustré en aval d'un dégazeur d'eau 27. Il est également possible de prendre de l'eau juste en amont du dégazeur, en aval de l'échangeur 5 qui sert à préchauffer l'eau (et éventuellement injecter de la vapeur dans cette eau pour augmenter sa température jusqu'à la température requise) ou en amont de cet échangeur 5.

10 L'eau qui n'est pas prélevée pour aller chauffer l'azote est pompée dans une pompe 33 à une haute pression et envoyé à la chaudière. L'eau sortant de la chaudière 21 est pompée à une basse pression par la pompe 23 pour être envoyée au préchauffeur 5. L'eau qui a servi à chauffer l'azote est renvoyée en amont de la pompe 23 comme débit 35.

15 Dans la Figure 4, on représente un appareil de séparation d'air comprenant un compresseur 1, un échangeur 5, une unité d'épuration 6 et une boîte froide 9. De l'air 3, comprimé dans le compresseur, est refroidi dans l'échangeur 5 par échange de chaleur avec de l'eau sous forme liquide 25, destinée à une chaudière d'oxycombustion 19. L'air refroidi est épuré dans

20 l'unité d'épuration 6 pour former de l'air épuré 7 puis est séparé dans la boîte froide 9 contenant un échangeur et un système de colonnes. De la boîte froide sont produits un débit riche en oxygène 17, qui est envoyé à la chaudière d'oxycombustion 19, et un débit gazeux riche en azote à la température ambiante. Le débit 17 à entre 0 et 30°C est chauffé au moyen d'un débit d'eau

25 chaude 29 dans l'échangeur 43 pour réchauffer l'oxygène à entre 100 et 200°C et refroidir l'eau à entre 10 et 30°C. L'eau chaude 29 à entre 100 et 200°C et à une pression entre 5 et 20 bars provient dans le cas illustré en aval d'un dégazeur d'eau 27. Il est également possible de prendre de l'eau juste en

30 amont du dégazeur, en aval de l'échangeur 5 qui sert à préchauffer l'eau ou en amont de cet échangeur 5. L'eau qui n'est pas prélevée pour aller chauffer l'oxygène est pompée dans une pompe 33 à une haute pression et envoyée à la chaudière. L'eau sortant de la chaudière 21 est pompée à une basse pression par la pompe 23 pour être envoyée au préchauffeur 5. L'eau qui a

servi à chauffer l'oxygène est renvoyée en amont de la pompe 23 comme débit 35.

## REVENDEICATIONS

1. Appareil de chauffage d'un gaz de l'air produit par séparation d'air comprenant un échangeur de chaleur (13,43), une conduite pour y envoyer le gaz de l'air et une conduite pour y envoyer un fluide calorigène, caractérisé en ce que la conduite pour envoyer le fluide calorigène à l'échangeur de chaleur est reliée à un point d'une conduite d'eau sous forme de liquide, le point étant en amont ou en aval d'un échangeur de préchauffage d'eau (5) ou un dégazeur d'eau (27), l'échangeur de préchauffage et/ou le dégazeur étant en amont d'une chaudière (19), par exemple une chaudière d'oxycombustion.

2. Appareil selon la revendication 1 dans lequel la conduite envoyant le fluide calorigène à l'échangeur de chaleur (13,43) est reliée au point d'une conduite d'eau, le point étant en aval de l'échangeur de préchauffage d'eau (5) ou du dégazeur d'eau (27).

3. Appareil selon l'une des revendications précédentes dans lequel le gaz de l'air est riche en oxygène et éventuellement dans lequel l'échangeur de chaleur (43) est relié à la chaudière (19) pour y envoyer le gaz riche en oxygène chauffé.

4. Appareil selon l'une des revendications précédentes comprenant une conduite reliant l'échangeur de chaleur (13,43) avec l'échangeur de préchauffage (5) pour envoyer l'eau ayant servi à chauffer le gaz de l'air à l'échangeur de préchauffage pour s'y chauffer.

5. Appareil suivant la revendication précédente comprenant une conduite d'amenée de vapeur d'eau reliée à la conduite d'eau en amont de l'échangeur de chaleur (13,43) pour augmenter la température de l'eau (soit par injection directe, soit par échange indirect).

6. Installation combinée d'un appareil tel que revendiqué dans une des revendications 1 à 5 et un appareil de séparation d'air comprenant une conduite d'amenée d'air comprimé, une unité d'épuration (6) et une boîte froide

(9), contenant un système de colonnes de distillation, une conduite de production d'un gaz riche en azote reliant la boîte froide et l'unité d'épuration et dans lequel l'échangeur de chaleur est relié à la conduite de production de sorte que le gaz riche en azote se réchauffe en amont de l'unité d'épuration.

5

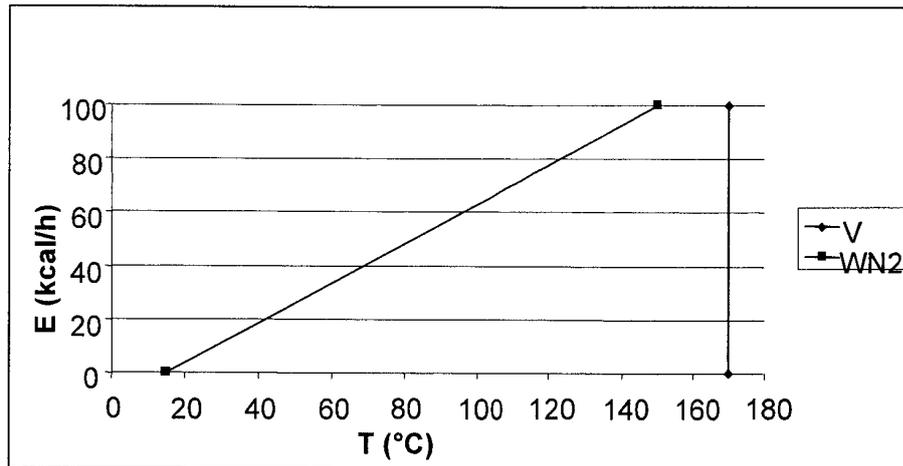
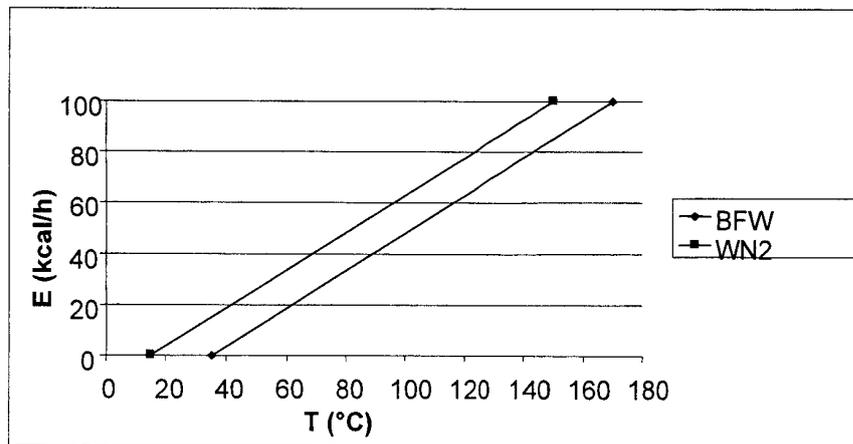
7. Installation combinée d'un appareil tel que revendiqué dans les revendications 1 à 5 et un appareil de séparation d'air comprenant une conduite d'amenée d'air comprimé, une unité d'épuration (6), une boîte froide (9), contenant un système de colonnes de distillation, l'échangeur de préchauffage (5) étant relié à la conduite d'amenée d'air comprimé ou une conduite de gaz de l'air provenant de la boîte froide afin d'assurer le chauffage d'eau destinée à la chaudière (19) (et éventuellement au dégazeur).

8. Procédé de chauffage d'un gaz de l'air produit par séparation d'air dans lequel un gaz de l'air est chauffé par échange de chaleur indirect avec un fluide calorigène, caractérisé en ce que le fluide calorigène est de l'eau sous forme de liquide prélevée en amont ou en aval d'un échangeur de préchauffage d'eau (5) ou un dégazeur d'eau (27), l'échangeur de préchauffage et/ou le dégazeur traitant de l'eau destinée à une chaudière (19), par exemple une chaudière d'oxycombustion, l'eau étant de préférence à une température entre 100 et 200°C.

9. Procédé selon la revendication 8 dans lequel le fluide calorigène utilisé pour chauffer le gaz de l'air a été chauffé dans l'échangeur de préchauffage (5) et éventuellement dégazé dans le dégazeur (27).

10. Procédé selon la revendication 8 ou 9 dans lequel l'eau (29) utilisée comme fluide calorigène est à une pression entre 5 et 20 bars absolus.

1/3

FIG. 1FIG. 2



3/3

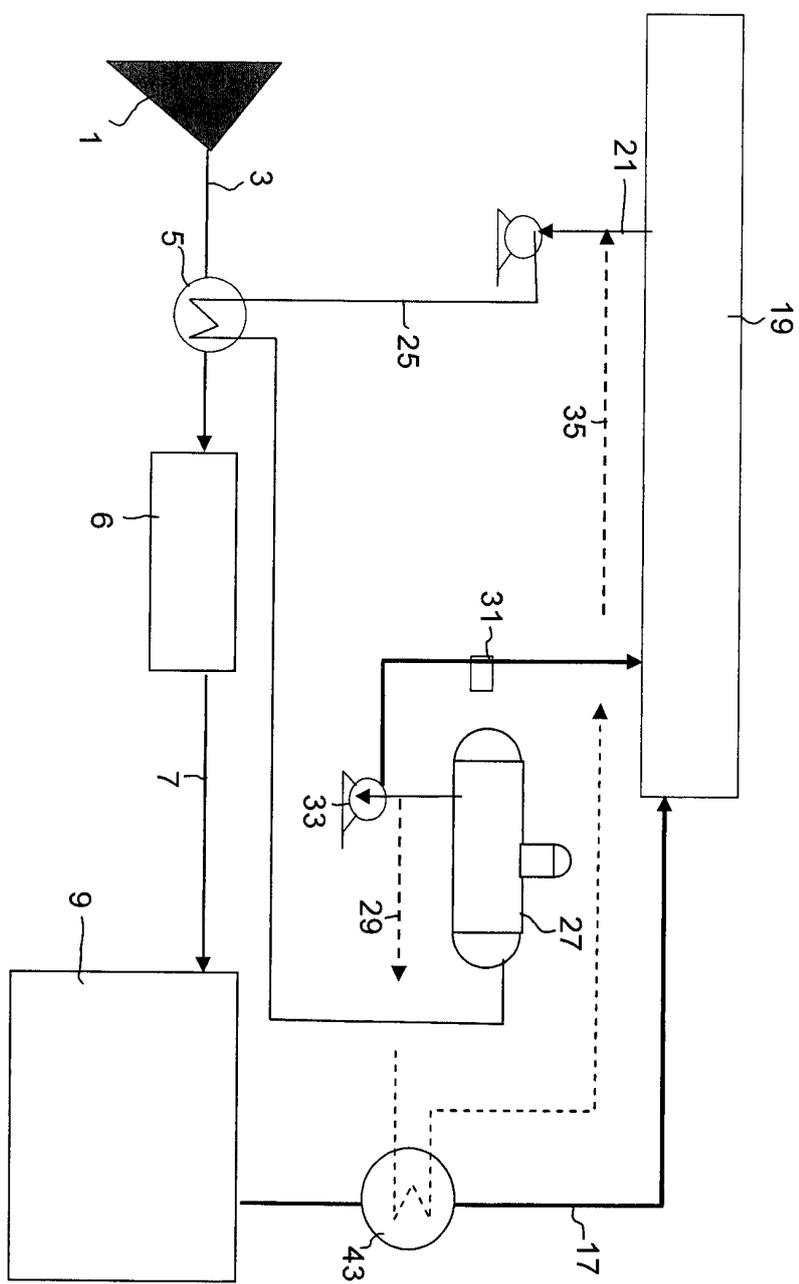


FIG. 4



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

FA 734715  
FR 1051676

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2006/137393 A1 (BOT PATRICK L [FR] LE BOT PATRICK [FR]) 29 juin 2006 (2006-06-29)	1,2,4-7	F25J3/04
Y	* figure 1 *	3	
X	JP 2002 318069 A (AIR WATER INC) 31 octobre 2002 (2002-10-31)	1-3,5-7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Y	* abrégé * * alinéas [0007], [0008], [0015], [0016], [0043], [0046]; figure 3 *	3	
X	US 6 295 838 B1 (SHAH MINISH MAHENDRA [US] ET AL) 2 octobre 2001 (2001-10-02)	1-4,6	F25J
Y	* colonne 4, ligne 6; figure 2 * * colonne 4, ligne 14 * * colonne 4, ligne 53 - colonne 5, ligne 29 * * colonne 5, ligne 43-49 *		
X	FR 2 858 398 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 4 février 2005 (2005-02-04)	1,2,4,5, 7-10	
Y	* figures *	3	
X	JP 2004 150685 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 27 mai 2004 (2004-05-27)	1-5,7	
Y	* abrégé * * alinéas [0040], [0044], [0045], [0048], [0050]; figure 2 *	3	
Y	EP 1 058 075 A1 (AIR PROD & CHEM [US]) 6 décembre 2000 (2000-12-06)	3	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
13 décembre 2010		Görizt, Dirk	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul                      Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un                      autre document de la même catégorie                      A : arrière-plan technologique                      O : divulgation non-écrite                      P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention                      E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure                      à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date                      de dépôt ou qu'à une date postérieure.                      D : cité dans la demande                      L : cité pour d'autres raisons</p> <p>.....                      &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1051676 FA 734715**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **13-12-2010**

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

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2006137393	A1	29-06-2006	CN 101091097 A	19-12-2007
			EP 1834146 A1	19-09-2007
			WO 2006069977 A1	06-07-2006
			JP 2008525173 T	17-07-2008
			US 2006137394 A1	29-06-2006
-----				
JP 2002318069	A	31-10-2002	AUCUN	
-----				
US 6295838	B1	02-10-2001	AUCUN	
-----				
FR 2858398	A1	04-02-2005	CN 1829887 A	06-09-2006
			EP 1651915 A1	03-05-2006
			WO 2005012814 A1	10-02-2005
			JP 2007500334 T	11-01-2007
			US 2006201159 A1	14-09-2006
-----				
JP 2004150685	A	27-05-2004	AUCUN	
-----				
EP 1058075	A1	06-12-2000	AT 292267 T	15-04-2005
			DE 60019019 D1	04-05-2005
			DE 60019019 T2	30-03-2006
			US 6345493 B1	12-02-2002
			ZA 200002770 A	03-12-2001
-----				