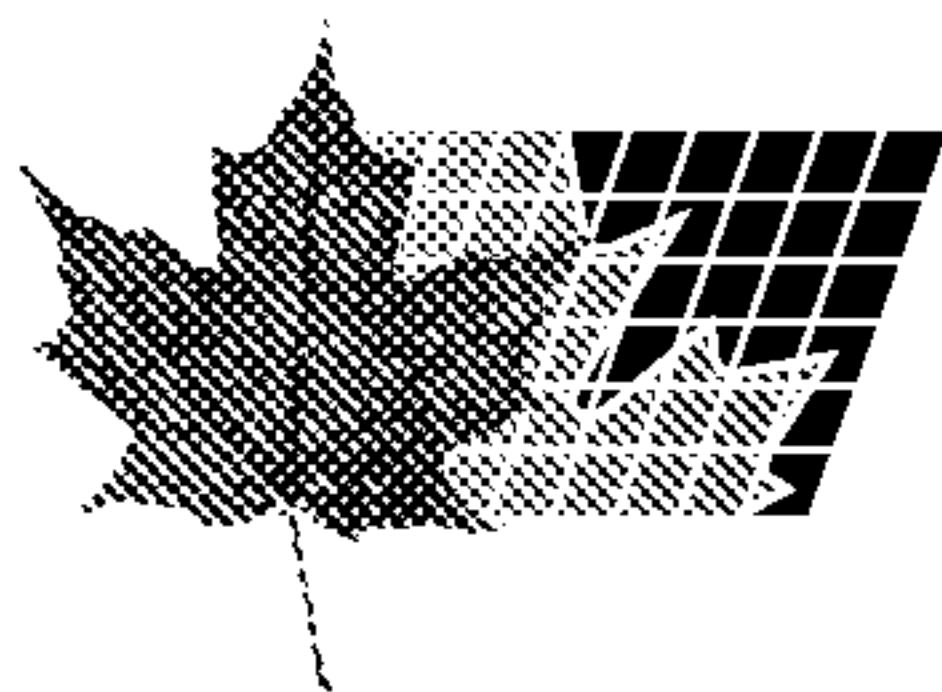




(11) (21) (C) **2,117,981**
(22) 1994/10/12
(43) 1995/04/14
(45) 2000/01/11

(72) Cheminal, Bernard, FR

(72) Lantz, André, FR

(73) ELF ATOCHEM S.A., FR

(51) Int.Cl.⁶ C07C 19/08, C07C 17/38

(30) 1993/10/13 (93 12 190) FR

(30) 1994/06/22 (94 07 642) FR

(54) **PROCEDE DE PURIFICATION DU
1,1,1,2-TETRAFLUOROETHANE**

(54) **PROCESS FOR THE PURIFICATION OF
1,1,1,2-TETRAFLUOROETHANE**

(57) Pour éliminer les impuretés insaturées (en particulier le 1-chloro-2,2- difluoroéthylène et les polyfluoropropènes) présentes dans le 1,1,1,2- tétrafluoroéthane (F134a) brut, on traite en phase gazeuse, en présence d'un catalyseur de fluoration, un mélange gazeux de F134a brut, d'acide fluorhydrique et de chlore à une température comprise entre 100 et 300°C et sous une pression comprise entre la pression atmosphérique et 2,5 MPa, le rapport molaire HF/F134a étant compris entre 0,05 et 0,5 et le rapport molaire Cl₂/F134a entre 0,0001 et 0,1.



PRECIS DE LA DIVULGATION:

Pour éliminer les impuretés insaturées (en particulier le 1-chloro-2,2-difluoroéthylène et les polyfluoropropènes) présentes dans le 1,1,1,2-tétrafluoroéthane (F134a) brut, on traite en phase gazeuse, en présence d'un catalyseur de fluoration, un mélange gazeux de F134a brut, d'acide fluorhydrique et de chlore à une température comprise entre 100 et 300°C et sous une pression comprise entre la pression atmosphérique et 2,5 MPa, le rapport molaire HF/F134a étant compris entre 0,05 et 0,5 et le rapport molaire Cl₂/F134a entre 0,0001 et 0,1.

PROCEDE DE PURIFICATION DU 1,1,1,2-TETRAFLUOROETHANE

La présente invention concerne le domaine des hydrocarbures fluorés et a plus particulièrement pour objet la purification du 1,1,1,2-tétrafluoroéthane.

5 Ce composé, connu dans le métier sous la désignation F134a, est notamment destiné à remplacer le dichlorodifluorométhane (F12) actuellement utilisé comme fluide frigorigène, mais suspecté de contribuer à l'affaiblissement de la couche d'ozone stratosphérique. Pour ce faire, le F134a doit satisfaire à des normes de qualité relativement à la présence d'impuretés a priori toxiques comme les oléfines
10 chlorofluorées.

Or, l'une des synthèses industrielle du F134a consiste en une fluoration catalytique en phase gazeuse du trichloréthylène ou du 1-chloro-2,2,2-trifluoroéthane (F133a) qui sous-produit toujours des quantités variables de 1-chloro-2,2,-difluoroéthylène (F1122) qui, vu son point d'ébullition (-17,7°C), s'avère très difficile à élimi-
15 ner complètement du F134a (pEb. = -26,5°C) par simple distillation, surtout sous pression.

Le F134a obtenu selon ce procédé ou selon d'autres procédés contient en général encore d'autres composés oléfiniques tels que des butènes ou des propènes fluorés. Les oléfines en C₄ telles que CF₃CF = CF-CF₃ (F1318), CF₃CF =
20 CHCF₃ (F1327), CF₃CH = CCICF₃ (F1326) et CF₃CH = CHCF₃ (F1336) ne sont pas particulièrement gênantes car elles peuvent être séparées du F134a par distillation. Les F134a obtenus industriellement, et en particulier celui obtenu par fluoration en phase gazeuse du trichloroéthylène ou du F133a, contiennent en général des quantités plus ou moins importantes de polyfluoropropènes tels que
25 CF₃CH = CH₂ (1243), CF₃CF = CH₂ (1234), CF₃CF = CHF (1225) ou leurs isomères qui sont très difficiles à séparer du F134a par distillation car leurs points d'ébullition sont très proches de celui du 134a.

De nombreux procédés de purification du F134a, et en particulier d'élimination du F1122 dans le F134a, ont déjà été proposés. On peut ainsi citer :

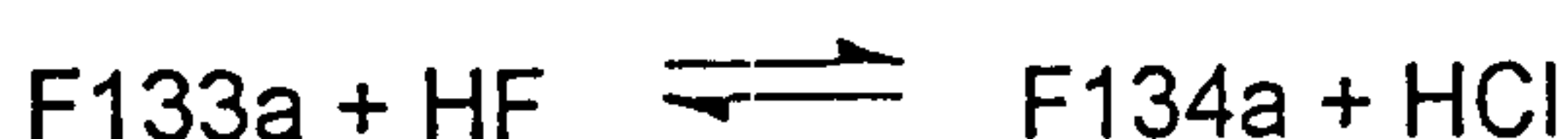
- 30 - l'hydrogénation catalytique du F1122 et/ou d'autres oléfines fluorées (WO 9008750, JP 02273634, JP 04095037) ;
- l'adsorption des impuretés sur charbon actif (EP 389334) ou sur tamis moléculaire (US 4906796, JP 03072437, EP 503796, EP 511612, EP 526002) ;
- l'oxydation du F1122 par le permanganate de potassium aqueux
35 (US 4129603).

Aucun de ces procédés n'est entièrement satisfaisant du point de vue industriel. Ainsi, le traitement au permanganate aqueux nécessite un séchage du F134a après la purification qui augmente considérablement le coût de ce traitement. L'ad-

sorption physique sur charbon ou tamis moléculaire ne peut être envisagée industriellement que pour un traitement de finition car, compte-tenu des capacités d'adsorption des matériaux proposés, il paraît tout-à-fait inéconomique de traiter des produits contenant plus que quelques dizaines de ppm d'impuretés adsorbables. Par ailleurs, d'après les documents cités ci-dessus, ces techniques d'adsorption ne permettent d'éliminer que le F1122 et pas les oléfines en C₃ ou C₄. L'hydrogénation catalytique nécessite des installations spéciales (compatibles avec l'hydrogène) qui ne sont industriellement envisageables que si le F134a a lui-même déjà été obtenu selon un procédé d'hydrogénolyse.

10 D'autres procédés proposés, tels que la fluoration des oléfines par du fluor élémentaire (EP 548744), sont tout aussi inintéressants industriellement.

Plus intéressante est la technique décrite dans le brevet US 4158675 qui concerne un procédé d'épuration du F1122 consistant à faire réagir les gaz issus de la réaction principale :



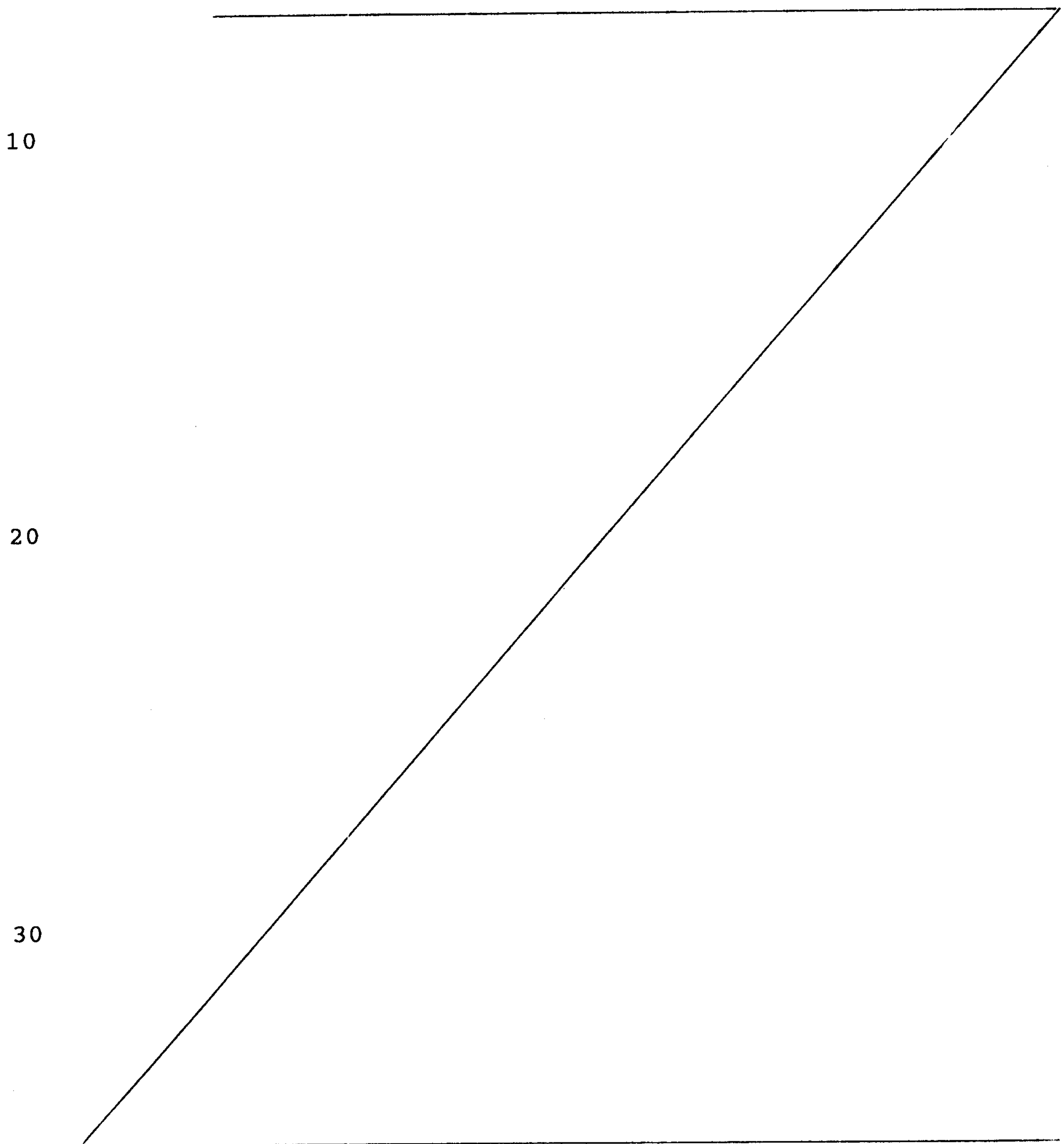
sans séparation de l'HCl, de l'HF ou du F133a non transformés, dans un second réacteur maintenu à une température plus basse que celle de la réaction principale.

20 A partir d'un mélange gazeux dont la teneur en F1122, ramenée aux composés organiques, est de 5300 vpm (volume par million), le traitement en ligne à 160°C conduit à un taux de 7 vpm en F1122.

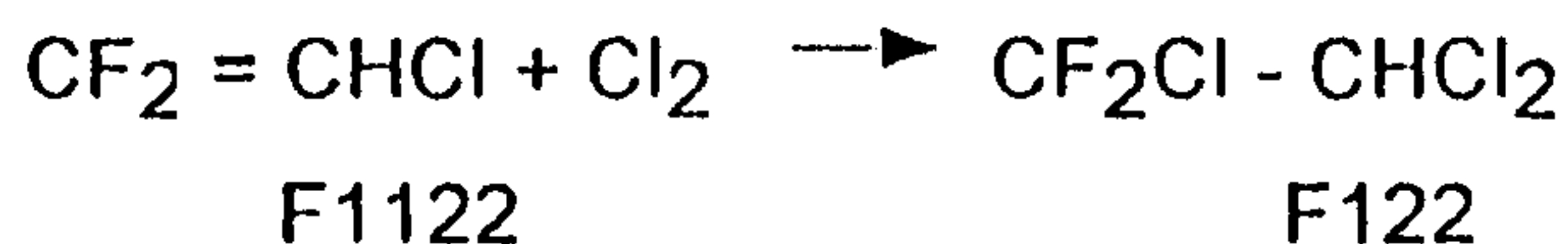
Dans ce procédé, l'impureté éliminée (F1122) est refluorée en F133a c'est-à-dire en un produit recyclable. Mais l'inconvénient majeur de ce procédé réside dans la nécessité d'avoir à traiter un débit de gaz important et donc d'aboutir à un volume réactionnel élevé, ce qui entraîne un investissement et un coût d'entretien prohibitifs. Par ailleurs, le procédé ne concerne aussi que l'élimination du F1122.

Pour éviter ces inconvénients, on a proposé de traiter en phase gazeuse, en l'absence d'acide chlorhydrique, un mélange gazeux de F134a brut et d'HF en présence d'un catalyseur de fluoration (JP 04321632, EP 548742 et demande
30 FR 2,694,556. Durant ce traitement, l'acide fluorhydrique s'additionne sur le F1122 et certains autres oléfines (chloro) fluorées telles que CF₂=CFH (F1123), CF₃CH=CHCF₃ (F1336) et les transforme en composés saturés plus faciles à séparer et/ou

à recycler par distillation. Ce procédé est particulièrement élégant, mais on a malheureusement constaté que, si le F1122 est particulièrement facile à éliminer selon cette méthode, d'autres oléfines fluorées telles que, par exemple, les fluoropropènes F1243, 1234 et 1225, sont très peu réactives dans ces conditions et ne peuvent pas être entièrement éliminées selon ce procédé.



On a par ailleurs proposé de purifier le F134a par chloration du F1122 et éventuellement d'autres impuretés oléfiniques. Cette chloration peut être réalisée en phase gazeuse soit par initiation photochimique (WO 93/12058), soit par initiation thermique en présence d'un catalyseur de chloration comme un charbon actif ou une alumine (JP 05032567). Au cours de ce traitement de chloration, l'oléfine la plus importante (le F1122) est transformée en F122 :



10

et est donc perdue. Ces procédés de chloration ne sont pas très sélectifs et donnent lieu à une sous-production de CF_3CHFCl (F124) par chloration du F134a ce qui diminue d'autant le rendement et l'intérêt de cette purification.

Pour éviter les inconvénients des techniques précitées, la présente invention propose un moyen particulièrement efficace et économique pour purifier un F134a brut contenant des impuretés insaturées.

Le procédé selon l'invention consiste à traiter en phase gazeuse, un mélange gazeux de F134a brut, d'HF et de chlore à une température comprise entre 100 et 300°C et sous une pression allant de la pression atmosphérique jusqu'à 2,5 MPa, en présence d'un catalyseur de fluoration, le rapport molaire HF/F134a étant compris entre 0,05 et 0,5 et le rapport molaire $\text{Cl}_2/\text{F134a}$ étant compris entre 0,0001 et 0,1.

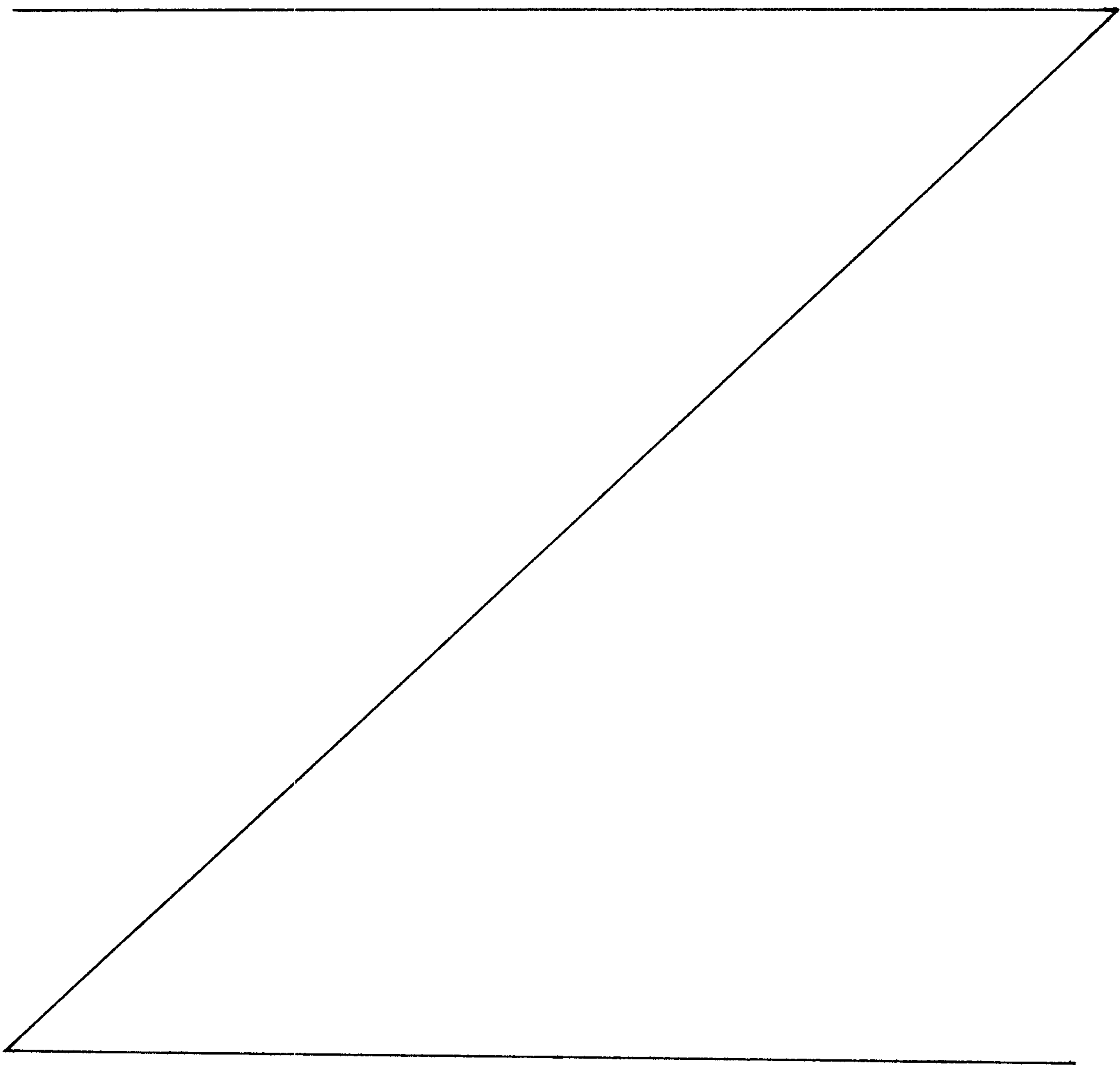
Dans un F134a brut, le taux d'impuretés oléfiniques peut varier entre 50 et 15000 ppm (0,005 à 1,5 %) par rapport au F134a et est le plus souvent compris entre 500 et 5000 ppm (0,05 à 0,5 %). A côté des oléfines (chloro)fluorées, le F134a brut peut également contenir des quantités variables d'autres composés comme, par exemple, le F133a (0 à 7 %), le 1,1,1-trifluoroéthane (F143a), le monochlorotrifluoroéthane (F124) et le pentafluoroéthane (F125) ; la présence de ces impuretés saturées ne nuit nullement à l'efficacité du procédé selon l'invention.

Parmi les impuretés oléfiniques (chloro)fluorées présentes dans le F134a brut, soit par exemple le 1-chloro-2,2-difluoroéthylène et/ou des oléfines (chloro)fluorées en C_3 ou C_4 , le F1122 est en général l'impureté la plus importante. Les

30

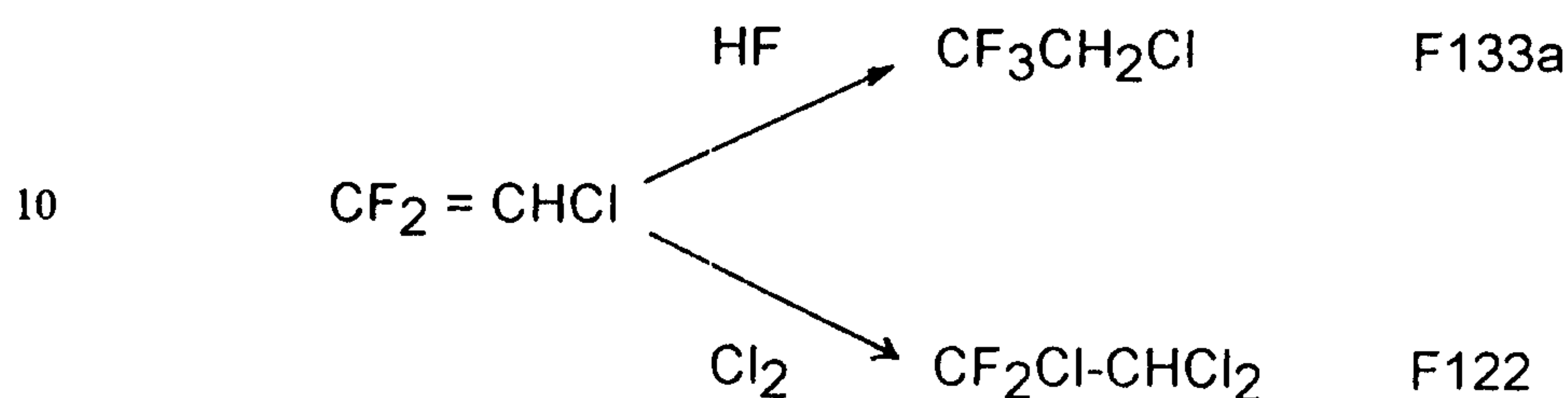
éventuelles autres impuretés oléfiniques telles que les F1123, F1243, F1234, F1225, F1318, F1327, F1326 et F1336 sont soit inexistantes soit généralement présentes à des teneurs plus faibles (10 à 500 ppm); parmi ces dernières, les plus gênantes
5 sont les différents F1243, F1234 et F1225.

Grâce à l'utilisation conjointe d'HF et de Cl_2 , le procédé selon l'invention permet d'éliminer pratiquement quantitativement la plupart des oléfines (chloro)fluorées. Il permet de transformer entièrement non seulement le F1122, mais



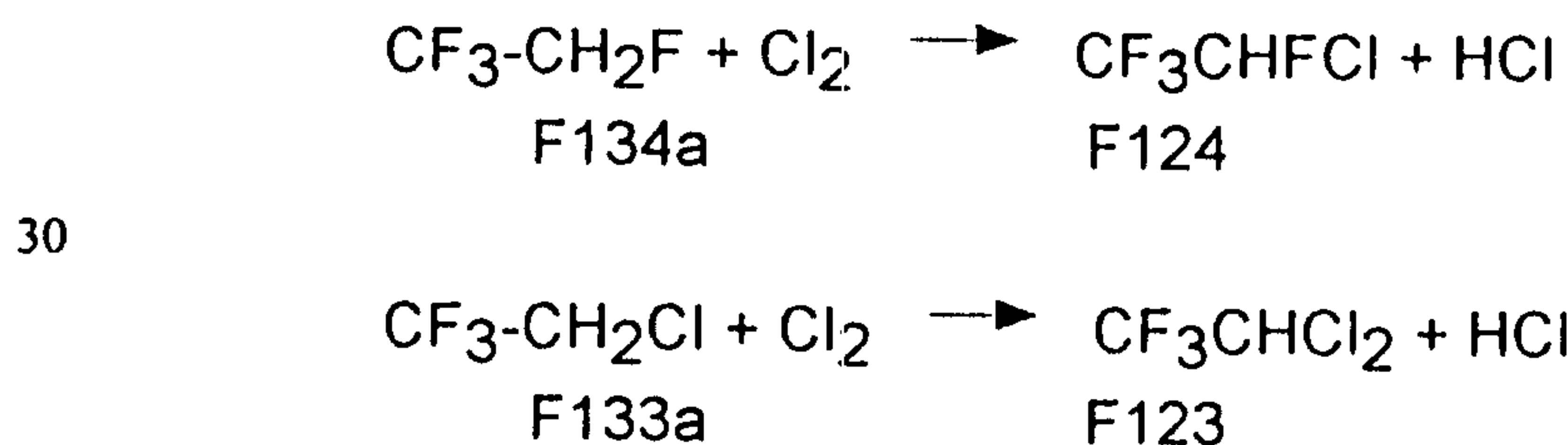
aussi les oléfines en C₃ (F1243, F1234, F1225, ...) particulièrement difficiles à éliminer par traitement avec de l'acide fluorhydrique seul.

Dans le procédé selon l'invention, les oléfines (chloro)fluorées telles que les F1122, 1123, 1243, 1234, 1225, 1318, 1327, 1336,... peuvent réagir soit avec l'HF, soit avec le chlore. Le F1122 qui est l'impureté principale peut ainsi se transformer en F133a et en F122 :



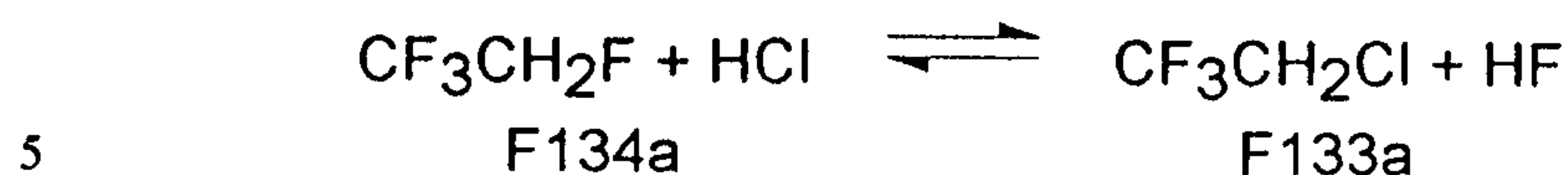
Le F133a étant directement recyclable au réacteur de fluoration, on a bien évidemment intérêt à privilégier la première réaction. Compte-tenu des différences de réactivité avec l'HF du F1122 et des autres oléfines présentes dans le F134a brut, il a pu être montré qu'un bon choix des conditions opératoires permet de minimiser la sous-production du F122 tout en transformant quantitativement aussi bien le F1122 que les autres oléfines comme les F1243, F1234 et F1225. La fluoration du F1122 en F133a permet ainsi de transformer cette impureté en un produit recyclable au réacteur mais cette prépondérance de la fluoration sur la chloration du F1122 ne limite pas l'invention car, dans le cas de faibles quantités de F1122, la perte par chloration en F122 n'est pas importante.

Lors de la mise en oeuvre du procédé selon l'invention, le chlore peut réagir avec le F134a ou avec certaines impuretés saturées telles que le F133a pour fournir des produits de chloration selon les réactions suivantes :



Bien que ces produits de chloration ne soient pas gênants et peuvent être séparés du F134a par distillation, on a néanmoins intérêt à minimiser ces réactions secondaires car elles se traduisent par une perte de rendement. Par ailleurs, ces réactions de chloration libèrent de l'acide chlorhydrique qui peut, en présence du

catalyseur de fluoration, transformer une petite partie du F134a en F133a selon la réaction inverse de celle de la fabrication du F134a :



En choisissant judicieusement les conditions opératoires (température, temps de contact, rapports molaires $\text{Cl}_2/\text{F134a}$ et $\text{HF}/\text{F134a}$), il est possible de minimiser ces réactions de substitution et de ne faire réagir le chlore pratiquement qu'avec les oléfines. Le choix de la température est particulièrement important pour l'obtention d'une réaction sélective sans sous-production de produits de chloration du F134a ou éventuellement du F133a. Cependant, la portée de la présente invention ne saurait être limitée à l'obtention d'une bonne sélectivité car les F123 et F124 éventuellement sous-produits sont des HCFC, facilement séparables du F134a et utilisables comme substituts aux CFC. Une perte de F134a ou éventuellement de F133a n'est donc pas obligatoirement un problème important.

Le traitement catalytique en phase gazeuse du F134a brut avec de l'HF et du Cl_2 selon l'invention est avantageusement réalisé à une température comprise entre 100 et 300°C et, de préférence, sous une pression comprise entre la pression atmosphérique et 1,5 MPa.

Le temps de contact peut varier entre 10 et 200 secondes, mais on préfère un temps de contact compris entre 20 et 100 secondes.

Comme indiqué précédemment, le rapport molaire $\text{HF}/\text{F134a}$ peut varier entre 0,05 et 0,5. On préfère cependant opérer avec un rapport molaire $\text{HF}/\text{F134a}$ compris entre 0,125 et 0,300 et, plus particulièrement, un rapport molaire proche de celui correspondant à l'azéotrope HF-134a (0,15).

Le rapport molaire $\text{Cl}_2/\text{F134a}$ peut varier entre 0,0001 et 0,1, mais on préfère opérer avec un rapport molaire $\text{Cl}_2/\text{F134a}$ compris entre 0,001 et 0,03.

A l'issue du traitement selon l'invention, le flux gazeux ne contient plus, ou seulement des traces, d'impuretés oléfiniques et peut alors être soumis aux opérations conventionnelles (lavage à l'eau, lavage avec une solution de soude-sulfite de sodium, séchage, distillation ...) pour séparer l'HF et le chlore non transformés et les composés saturés autres que le F134a.

Les catalyseurs de fluoration à utiliser pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention peuvent être des catalyseurs massiques ou des catalyseurs supportés, le support stable dans le milieu réactionnel étant, par exemple, un charbon actif, une alumine fluorée, le fluorure d'aluminium ou le phosphate d'aluminium.

Parmi les catalyseurs massiques, on peut citer plus particulièrement l'oxyde de chrome préparé selon l'une quelconque des méthodes connues de l'homme du métier (procédé sol-gel, précipitation de l'hydroxyde à partir des sels de chrome, réduction de l'anhydride chromique, etc...). Les dérivés de métaux tels que nickel, fer, manganèse, cobalt, zinc, peuvent également convenir seuls ou en association avec le chrome, sous forme de catalyseurs massiques, mais aussi sous forme de catalyseurs supportés.

Les catalyseurs supportés peuvent être employés sous forme de billes, d'extrudés, de pastilles ou même, si l'on opère en lit fixe, sous forme de morceaux. Pour les catalyseurs massiques, la forme de pastilles ou de billes est généralement préférée. Lorsqu'on opère en lit fluide, on préfère utiliser un catalyseur sous forme de billes ou d'extrudés.

Comme exemples non limitatifs de catalyseurs, on peut mentionner :

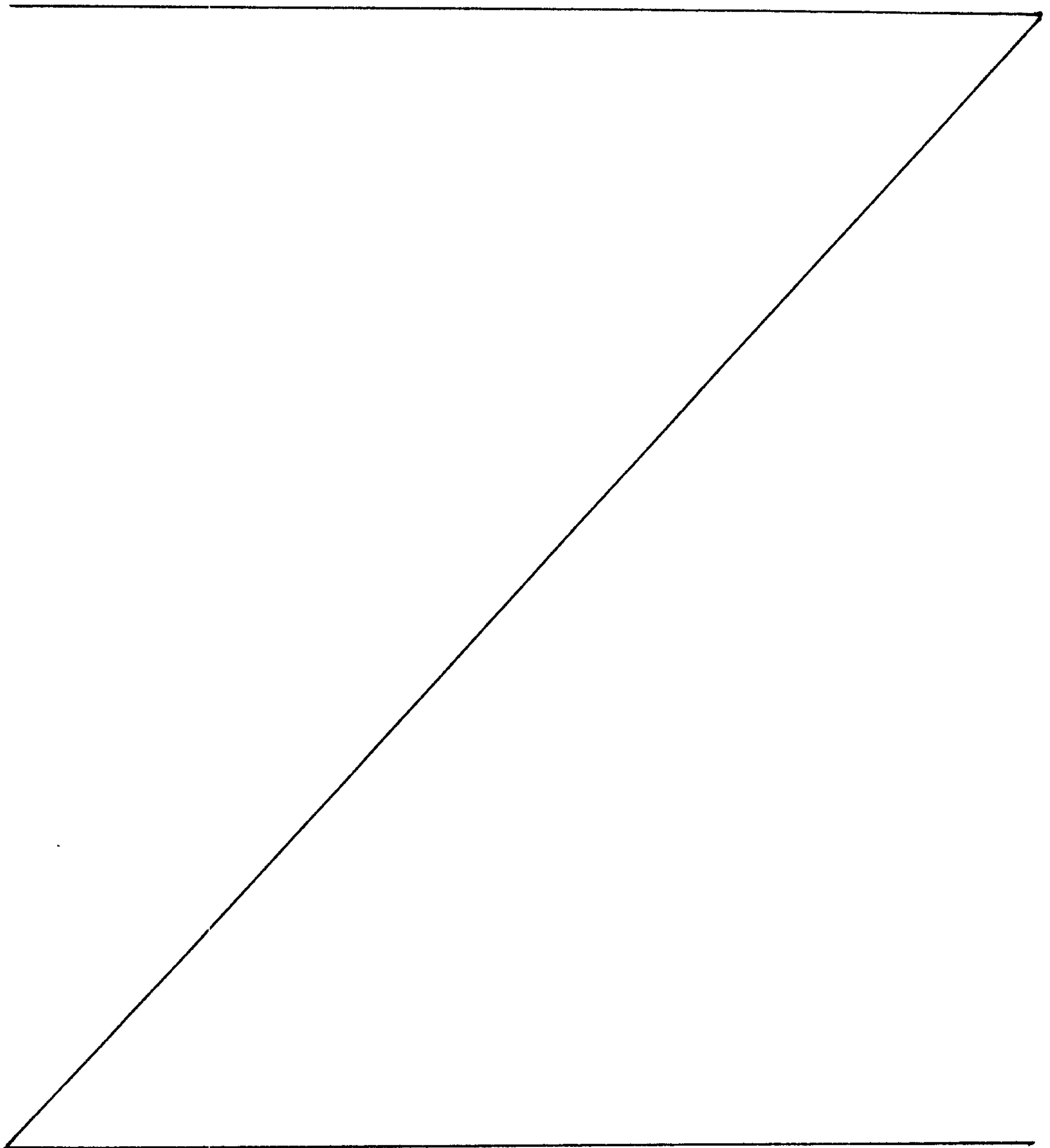
- les microbilles d'oxyde de chrome obtenues par le procédé sol-gel comme décrit dans le brevet FR 2 501 062,
- les catalyseurs d'oxyde de chrome déposé sur charbon actif (brevet US 4 474 895), sur phosphate d'aluminium (brevet EP 55 958) ou sur fluorure d'aluminium (brevets US 4 579 974 et 4 579 976),
- les catalyseurs mixtes d'oxyde de chrome et de fluorure de nickel déposés sur fluorure d'aluminium (demande de brevet EP 0 486 333),
- les catalyseurs massiques à base d'oxydes de chrome et de nickel (demande de brevet EP 0546883),
- les catalyseurs de fluorure de nickel déposé sur une alumine fluorée.

Les brevets précité décrivent largement le mode de préparation de ces catalyseurs, mais aussi leur mode d'activation, c'est-à-dire de transformation préalable du catalyseur en espèces actives stables par fluoration au moyen d'HF gazeux dilué par des composés inertes (azote) ou non (air ou 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroéthane). Durant cette activation, les oxydes métalliques servant de matière active (par exemple l'oxyde de chrome) ou de support (par exemple l'alumine) peuvent être partiellement ou complètement transformés en fluorures correspondants.

Les exemples suivants illustrent l'invention sans la limiter. Sauf indication contraire, les teneurs (% et ppm) indiquées sont exprimées en volume.

EXEMPLE 1 (Comparatif)

5 Cet exemple est destiné à illustrer la réactivité des oléfines F1243, F1234 et F1225 avec de l'HF, sans chlore, en présence d'un catalyseur de fluoration.



Dans un réacteur tubulaire en Inconel*600 de 28 mm de diamètre intérieur et d'un volume de 200 ml, on a placé 100 ml d'un catalyseur à base de fluorure de nickel et d'oxyde de chrome déposés sur fluorure d'aluminium. Les caractéristiques physico-chimiques de ce catalyseur, préparé comme décrit dans la demande de brevet EP 0 486 333 et activé en lit fixe par un mélange azote/HF, sont les suivantes :

- Composition chimique (pondérale) :

• fluor	:	58,6 %
• aluminium	:	25,9 %
• nickel	:	6,4 %
• chrome	:	6,0 %

- Propriétés physiques :

• densité apparente (en vrac)	:	0,85 g/ml
• surface BET	:	23 m ² /g
• volume des pores d'un rayon compris entre 4 nm et 63 µm	:	0,4 ml/g
• surface des pores d'un rayon supérieur à 4 nm	:	23 m ² /g

Après une ultime activation "in situ" du catalyseur à l'aide d'un mélange gazeux HF/F133a (rapport molaire : 0,4) entre 25 et 250°C, on a alimenté le réacteur avec un mélange gazeux constitué d'HF et de F134a brut dans des proportions telles que le rapport molaire HF/F134a soit égal à 0,2, c'est-à-dire proche de la composition azéotropique.

Le F134a utilisé contenait 50 ppm de F1243 + F1234 et 14 ppm de F1225. Les F1243 et F1234 n'étaient pas séparés dans les conditions d'analyse (chromatographie en phase gaz) et les 50 ppm correspondent à la somme F1243 + F1234. D'autres analyses du même mélange ont néanmoins montré que la teneur en F1243 était plus importante que celle de F1234.

La pression absolue du réacteur a été fixée à 1,2 MPa et le débit (d) d'alimentation du mélange F134a + HF a été ajusté de façon à voir un temps de contact (t) de 80 secondes, d et t étant liés par la relation :

$$t = \frac{3600 \times V \times 273 \times P \times 10}{22,4 \times d \times (T+273)}$$

où P = pression en MPa

t = temps de contact en secondes

d = débit en moles/heure

* (marque de commerce)

V = volume de catalyseur en vrac, exprimé en litres

T = température du réacteur en degré Celsius

Un échantillon gazeux, débarrassé de l'HF en excès, était analysé par CPV en sortie de réacteur pour suivre l'évolution du taux d'oléfines dans les produits organiques.

Deux essais ont été réalisés respectivement à 250 et 300°C (durée 48 heures) et les résultats suivants ont été obtenus :

Taux d'oléfines en sortie de réacteur (en ppm)		250°C	300°C
F1243 + F1234	:	30	20
F1225	:	12	12

On a ensuite fait passer dans le même réacteur, sur le même catalyseur, dans les mêmes conditions de pression et de temps de contact, un mélange d'HF et de F134a (rapport molaire HF/F134a : 0,18) ; le F134a contenait 2400 ppm de F1122. Comme ci-dessus deux essais ont été réalisés à 250°C et 300°C, et dans les deux cas, la teneur résiduelle en F1122 a été inférieure à 5 ppm.

Ces essais montrent ainsi très clairement que les oléfines F1234, F1243 et surtout F1225 sont nettement moins réactives vis-à-vis de l'HF que le F1122 et qu'il est pratiquement impossible de les éliminer entièrement.

20 EXEMPLE 2

Dans le même réacteur et avec le même catalyseur qu'à l'exemple comparatif 1, on a fait passer un mélange Cl₂/HF/F134a dans les conditions suivantes :

Pression	:	1,2 MPa
Temps de contact	:	80 s
Rapport molaire HF/F134a	:	0,2
Rapport molaire Cl ₂ /F134a	:	0,001 à 0,01
Température	:	150 à 275°C

Le F134a contenait 40 ppm de F1243 + F1234 et 5 ppm de F1225.

Les résultats suivants ont été obtenus :

Température (°C)	Rapport molaire Cl ₂ /F134a	Taux résiduels d'oléfines (ppm)		Taux de F133a et F124 formés (%)	
		F1243 + F1234	F1225	F124	F133a
275	0,01	4	3	0,9	0,9
250	0,01	< 1	2	0,8	0,8
200	0,01	< 1	< 1	0,02	0,005
150	0,01	< 1	3	0,002	0,0005
275	0,001	25	4	0,08	0,09

Ces résultats montrent que l'action simultanée du Cl₂ et de l'HF permet d'éliminer entièrement les oléfines F1243, F1234 et F1225. Aux températures supérieures à 200°C, l'excès de chlore est consommé pour chlorer un peu de F134a en F124 avec formation simultanée de F133a. A 200°C ou aux températures inférieures à 200°C, la réaction est par contre beaucoup plus sélective et la réaction de chloration du F134a en F124 devient tout-à-fait négligeable.

10 EXEMPLE 3

Dans le même réacteur que celui utilisé précédemment et contenant le même catalyseur, on a fait passer un mélange de F134a-HF-Cl₂ dans les conditions suivantes :

15 Pression : 1,2 MPa
 Temps de contact : 80 s
 Rapport molaire HF/F134a : 0,2
 Rapport molaire Cl₂/F134a : 0,005 à 0,02
 Température : 150 à 275°C

20 Le F134a utilisé était un produit industriel contenant entre autres les impuretés suivantes :

F133a : 3,37 %
 F124 : 1,95 %
 F1122 : 1370 ppm
 F1243 + F1234 : 173 ppm
 25 F1225 : 393 ppm

Les résultats suivants ont été obtenus :

Température (°C)	Rapport molaire Cl ₂ /F134a	Taux d'oléfines non transformées (ppm)			Taux de F122 formé (ppm)
		F1243 + F1234	F1225	F1122	
150	0,01	8	12	8	185
200	0,02	< 1	< 1	8	1200
200	0,01	< 1	< 1	8	750
200	0,005	2	< 1	7	430
275	0,01	39	14	6	156

Ces résultats illustrent parfaitement l'excellente réactivité des impuretés oléfiniques avec le mélange Cl₂ + HF. Ils montrent aussi qu'une diminution du rapport molaire Cl₂/F134a permet de diminuer le taux de F122 formé, même à transformation égale du F1122. Les teneurs en F134a et en F124 n'ont pas bougé de façon significative au cours des essais réalisés à 200°C.

En dehors du F122, on a vu apparaître dans les analyses chromatographiques du produit organique en sortie de réacteur, plusieurs produits lourds nouveaux qui n'ont pas été identifiés mais qui pourraient correspondre aux produits de chloration des oléfines en C₃.

EXEMPLE 4

Dans un réacteur tubulaire en Inconel 600 de 28 mm de diamètre intérieur et d'un volume de 200 ml, on a placé 50 ml d'un catalyseur constitué de microbilles d'oxyde de chrome massique, préparé comme décrit à l'exemple 3 du brevet FR 2 501 062. On a ensuite alimenté ce réacteur catalytique fonctionnant en lit fixe avec un mélange, à l'état gazeux, constitué de F134a brut, d'HF et de chlore dans des proportions telles que le rapport molaire HF/F134a soit égal à 0,25 et que le rapport molaire Cl₂/F134a soit égal à 0,01.

Le F134a brut contenait les impuretés suivantes :

F124	:	0,5 %
F133a	:	1,5 %
F1122	:	1200 ppm
F1243 + F1234	:	55 ppm
F1225	:	24 ppm

* (marque de commerce)

La température du réacteur était fixée à 225°C et le débit d'alimentation du mélange a été réglé de façon à avoir un temps de contact de 50 secondes sous une pression de 1,5 MPa.

5 L'analyse du produit sorti du réacteur, après élimination du chlore et de l'HF en excès, a fourni les résultats suivants :

F1122	:	7 ppm
F1243 + F1234	:	< 2 ppm
F1225	:	< 2 ppm

Les teneurs en F124 et F133a n'ont pas varié de façon significative.

10

EXEMPLE 5

(a) Préparation et activation d'un catalyseur au nickel sur alumine fluorée

15 Dans un évaporateur rotatif, on a placé 500 ml d'alumine partiellement fluorée (contenant globalement 83 % en masse de fluorure d'aluminium et 16 % d'alumine), obtenue dans une étape précédente par fluoration d'alumine GRACE HSA* vers 300°C à l'aide d'azote et d'acide fluorhydrique. Ce support fluoré présentait avant imprégnation les caractéristiques physico-chimiques suivantes :

forme	:	billes de 1-2 mm de diamètre
20 densité apparente	:	0,57g/ml
surface BET	:	67 m ² /g
volume poreux	:	0,72 ml/g (pour les rayons compris entre 4 nm et 63 µm)

On a préparé par ailleurs une solution d'imprégnation contenant 39 g de chlorure de nickel hexahydraté et 200 g d'eau, qu'on a ensuite introduite en 25 45 minutes, à température ambiante et sous pression atmosphérique, sur le support en agitation. Le catalyseur a alors été séché sous courant d'azote, en lit fluidisé, vers 110°C pendant 4 heures, puis chargé dans un réacteur en Inconel*600 et activé en lit fixe par un mélange azote/HF suivant la procédure décrite à l'exemple 1 du brevet EP 0486333. Après ce traitement les caractéristiques physico-chimiques du 30 catalyseur sont les suivantes :

- Composition chimique (pondérale) :

• fluor	:	60 %
• aluminium	:	30 %
• nickel	:	2,95 %

35

- Propriétés physiques :

• densité apparente (en vrac)	:	0,66 g/ml
• surface BET	:	28,7 m ² /g

* (marques de commerce)



- volume des pores d'un rayon
compris entre 4 nm et 63 μm : 0,59 ml/g
- surface des pores d'un rayon
supérieur à 4 nm : 33 m^2/g

5 **(b) Purification du F134a par HF sans chlore**

Dans un réacteur tubulaire en Inconel*600 de 41 mm de diamètre intérieur et d'un volume de 550 ml, on a placé 300 ml de ce catalyseur, puis on a alimenté le réacteur avec un mélange HF/F134a brut dans des proportions telles que le rapport molaire HF/F134a soit égal à 0,2, c'est-à-dire proche de la composition azéotropi-

10 que.

Le F134a de départ contenait les impuretés suivantes :

Impuretés oléfiniques :

42 ppm de F1243 + F1234 ($\text{C}_3\text{H}_3\text{F}_3$ + $\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_4$) non séparés

157 ppm de F1122 (CF_2CHCl)

15 *Principales impuretés saturées :*

60 ppm de F114a (CCl_2FCF_3)

370 ppm de F124 (CHClFCF_3)

250 ppm de F133a (CH_2ClCF_3)

545 ppm de F143a (CH_3CF_3)

20 La réaction a été réalisée à 200°C sous pression atmosphérique, le débit d'alimentation du mélange HF/F134a étant ajusté de façon à maintenir un temps de contact de 80 secondes. Afin de suivre l'évolution du taux d'oléfines dans les produits organiques, un échantillon gazeux prélevé en sortie de réacteur a été analysé par CPV, après élimination des hydracides (HF principalement) par lavage et sé-

25 chage sur chlorure de calcium. On a obtenu les résultats suivants :

Taux d'oléfines en sortie de réacteur :

40 ppm de F1243 + F1234 non séparés

< 1 ppm de F1122 (limite de détection)

30 Ces résultats montrent que les oléfines en C_3 (F1234 et F1243) sont nettement moins réactives vis-à-vis de l'HF que le F1122 et qu'il est pratiquement impossible de les éliminer entièrement par une simple fluoration.

(c) Purification du F134a par Cl_2 sans HF

Dans le même réacteur et avec le même catalyseur, on a fait passer un mélange Cl_2 /F134a dans les conditions suivantes :

35 Pression : atmosphérique
Temps de contact : 80 secondes
Rapport molaire Cl_2 /F134a : 0,007
Température : 200°C

* (marque de commerce)

Le F134a utilisé contenait les impuretés suivantes :

Impuretés oléfiniques :

63 ppm de F1243 + F1234 ($C_3H_3F_3$ + $C_3H_2F_4$) non séparés

14 ppm de F1225 (C_3HF_5)

5 180 ppm de F1122 (CF_2CHCl)

Principales impuretés saturées :

30 ppm de F124 ($CHFCICF_3$)

39 ppm de F133a (CH_2ClCF_3)

10 Les résultats suivants ont été obtenus :

Taux d'oléfiniques en sortie de réacteur :

F1234 + F1243: < 1 ppm (limite de détection)

F1225 : < 1 ppm (limite de détection)

F1122 : < 1 ppm (limite de détection)

15 *Taux de F133a, F123, F123a et F124 en sortie de réacteur :*

F123 + F123a : 0,085 %

F124 : 0,134 %

F133a : 0,270 %

20 Ces résultats montrent que l'élimination des oléfiniques en C_3 par chloration est possible, mais s'accompagne d'une perte de rendement par formation de F124 et de F133a.

(d) Purification du F134a par HF + Cl₂

Dans le même réacteur et avec le même catalyseur que ci-dessus on a fait passer un mélange Cl₂/HF/F134a dans les conditions suivantes :

25 Pression : atmosphérique

Temps de contact : 80 secondes

Rapport molaire HF/F134a : 0,2

Rapport molaire Cl₂/F134a : 0,004 à 0,018

Température : 150 à 225°C

30 Le F134a brut utilisé était le même que celui de l'essai (c) précédent.

La même charge de catalyseur a été utilisée pendant 130 heures pour effectuer les 6 essais résumés dans le tableau suivant, la durée de chaque essai étant comprise entre 19 et 24 heures.

Les résultats suivants ont été obtenus :

Température	Rapport molaire	Taux d'oléfines en sortie de réacteur (ppm)		Taux de F133a, F123, F123a et F124 en sortie de réacteur (%)		
(°C)	Cl ₂ /F134a	F1234 + F1243	F1225	F123 + F123a	F124	F133a
150	0,018	<1	<1	0,020	0,006	0,002
150	0,010	<1	4	0,016	0,004	0,007
150	0,004	2	7	0,010	0,003	0,008
200	0,009	<1	2	0,013	0,004	0,014
200	0,005	<1	4	0,014	0,003	0,033
225	0,004	<1	3	0,025	0,020	0,082

Après purification, il ne restait plus de trace de F1122 (limite de détection : <1 ppm).

- 5 Ces résultats montrent que l'emploi d'un mélange Cl₂/HF permet, sur un catalyseur au nickel, de purifier efficacement le F134a. Ce traitement permet de supprimer les oléfines F1234, F1243 et la majorité du F1225, tout en limitant la dégradation du F134a (formation de F123, F123a, F124 et F133a).

10 EXEMPLE 6

En utilisant une solution d'imprégnation contenant 117 g de chlorure de nickel hexahydraté et 150 g d'eau et en opérant comme à l'exemple 5(a), on a préparé un catalyseur au nickel sur alumine fluorée présentant les caractéristiques physico-chimiques suivantes :

15 - Composition chimique (pondérale) :

- fluor : 61,5 %
- aluminium : 27,5 %
- nickel : 8,25 %

- Propriétés physiques :

- 20
- densité apparente (en vrac) : 0,71 g/ml
 - surface BET : 25 m²/g
 - volume des pores d'un rayon compris entre 4 nm et 63 µm : 0,52 ml/g
 - surface des pores d'un rayon supérieur à 4 nm : 30,9 m²/g
- 25

Dans le même réacteur qu'à l'exemple 5(b), on a placé 300 ml de ce catalyseur et on y a fait passer un mélange Cl₂/HF/134a dans les conditions suivantes :

Pression : atmosphérique
 Temps de contact : 80 secondes
 Rapport molaire HF/F134a : 0,2
 Rapport molaire Cl₂/F134a : 0,005
 5 Température : 200°C

Le F134a brut utilisé était le même que celui de l'essai 5(c).

Après 19 heures de test, les résultats suivants ont été obtenus :

Taux d'oléfines en sortie de réacteur :

F1234 + F1243: < 1 ppm

10 F1225 : < 1 ppm

F1122 : < 1 ppm

Taux de F133a, F123, F123a et F124 en sortie de réacteur :

F123 + F123a : 0,015 %

F124 : 0,011 %

15 F133a : 0,048 %

L'essai a été prolongé et, après 130 heures de marche, le taux résiduel en oléfines ainsi que les taux de F133a, F123, F123a et F124 formés étaient identiques.

20 EXEMPLE 7

En opérant comme décrit dans la demande de brevet EP 0 486 333 à partir de chlorure de nickel, d'oxyde de chrome et d'alumine partiellement fluorée, on a préparé un catalyseur qui, après activation en lit fixe par un mélange azote/HF, présente les caractéristiques physico-chimiques suivantes :

25 - Composition chimique (pondérale) :

• fluor : 56,9 %
 • aluminium : 25,5 %
 • nickel : 6,2 %
 • chrome : 6,2 %
 30 • chlore : 0,7 %

- Propriétés physiques :

• densité apparente (en vrac) : 0,84 g/ml
 • surface BET : 59,1 m²/g
 • volume des pores d'un rayon
 35 compris entre 4 nm et 63 µm : 0,37 ml/g
 • surface des pores d'un rayon
 supérieur à 4 nm : 31 m²/g

Dans le même réacteur qu'à l'exemple 5(b), on a placé 300 ml de ce catalyseur et on y a fait passer un mélange $\text{Cl}_2/\text{HF}/\text{F134a}$ dans les conditions suivantes :

Pression : atmosphérique

Temps de contact : 80 secondes

5 Rapport molaire $\text{HF}/\text{F134a}$: 0,2

Rapport molaire $\text{Cl}_2/\text{F134a}$: 0 à 0,01

Température : 150°C à 225°C

Le F134a utilisé contenait les impuretés suivantes :

Impuretés oléfiniques :

10 59 ppm de F1243 + F1234 ($\text{C}_3\text{H}_3\text{F}_3$ + $\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_4$) non séparés

14 ppm de F1225 (C_3HF_5)

232 ppm de F1122 (CF_2CHCl)

Principales impuretés saturées :

30 ppm de F124 (CHClFCF_3)

15 39 ppm de F133a (CH_2ClCF_3)

La même charge de catalyseur a été utilisée pour effectuer l'ensemble des essais résumés dans le tableau suivant, la durée de chaque essai étant comprise entre 19 et 24 heures.

Température (°C)	Rapport molaire $\text{Cl}_2/\text{F134a}$	Taux d'oléfines en sortie de réacteur (ppm)		Taux de F133a, F123, F123a et F124 en sortie de réacteur (%)		
		F1234 + F1243	F1225	F123 + F123a	F124	F133a
150	0,010	<1	4	0,033	0,005	0,007
150	0,005	2	5	0,027	0,004	0,009
150	0	58	14	0	0,003	0,033
200	0,005	<1	5	0,016	0,005	0,030
225	0,004	<1	3	0,012	0,009	0,150

20

Après purification, il ne restait plus de traces de F1122 (< 1 ppm).

Les réalisations de l'invention, au sujet desquelles un droit exclusif de propriété ou de privilège est revendiqué, sont définies comme il suit:

1. Procédé de purification d'un 1,1,1,2-tétrafluoroéthane (F134a) brut contenant des impuretés insaturées, caractérisé en ce que l'on traite en phase gazeuse, un mélange gazeux de 1,1,1,2-tétrafluoroéthane brut, d'acide fluorhydrique et de chlore à une température comprise entre 100 et 300°C et sous une pression allant de la pression atmosphérique jusqu'à 2,5 MPa, en présence d'un catalyseur de fluoration, le rapport molaire HF/F134a étant compris entre 0,05 et 0,5 et le rapport molaire Cl₂/F134a étant compris entre 0,0001 et 0,1.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les impuretés insaturées sont le 1-chloro-2,2-difluoroéthylène et/ou des oléfines (chloro)fluorées en C₃ ou C₄.

3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on opère sous une pression comprise entre la pression atmosphérique et 1,5 MPa.

4. Procédé selon la revendication 2, dans lequel on opère sous une pression comprise entre la pression atmosphérique et 1,5 MPa.

5. Procédé selon la revendication 1, 2 ou 3, dans lequel le temps de contact est compris entre 10 et 200 secondes.

6. Procédé selon la revendication 4, dans lequel le temps de contact est compris entre 20 et 100 secondes.

7. Procédé selon la revendication 1, 2, 3 ou 4, dans lequel le rapport molaire HF/F134a est compris entre 0,125 et 0,300.

8. Procédé selon la revendication 6, dans lequel le rapport molaire HF/F134a est compris entre 0,125 et 0,300.

9. Procédé selon la revendication 1, 2, 3, 4 ou 6, dans lequel le rapport molaire $\text{Cl}_2/\text{F134a}$ est compris entre 0,001 et 0,03.

10. Procédé selon la revendication 8, dans lequel le rapport molaire $\text{Cl}_2/\text{F134a}$ est compris entre 0,001 et 0,03.

11. Procédé selon la revendication 1, 2, 3, 4, 6, 8 ou 10, dans lequel le catalyseur de fluoration est un catalyseur massique ou supporté à base de chrome, nickel, fer, manganèse, cobalt et/ou zinc.

12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel on utilise comme catalyseur un oxyde de chrome massique.

13. Procédé selon la revendication 11, dans lequel on utilise comme catalyseur un fluorure de nickel supporté sur alumine fluorée.

14. Procédé selon la revendication 11, dans lequel on utilise un catalyseur à base de fluorure de nickel et d'oxyde de chrome supportés sur fluorure d'aluminium.