

⑫② Date de dépôt : 04.02.00.

⑫③ Priorité :

⑫④ Date de mise à la disposition du public de la demande : 10.08.01 Bulletin 01/32.

⑫⑤ Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑫⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦① Demandeur(s) : INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE
— FR.

⑦② Inventeur(s) : COMMEREUC DOMINIQUE, LE PEN-
NEC DOMINIQUE et OLIVIER BOURBIGOU HELENE.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) :

⑤④ PROCÉDE POUR LA DIMERISATION SÉLECTIVE DU PROPYLENE PRINCIPALEMENT EN DIMÈRES RAMIFIÉS.

⑤⑦ Pour effectuer la dimérisation sélective du propylène principalement en dimères ramifiés, on utilise une composition catalytique résultant de la dissolution d'un complexe du nickel mélangé ou complexé avec une phosphine tertiaire portant un groupe fonctionnel dans le milieu résultant du mélange d'au moins un halogénure d'ammonium quaternaire et/ou au moins un halogénure de phosphonium quaternaire, d'au moins un halogénure d'aluminium et éventuellement d'au moins un composé organométallique d'aluminium.



La présente invention concerne une composition catalytique utilisée pour la dimérisation, la codimérisation et l'oligomérisation des oléfines. Elle concerne plus particulièrement une composition résultant de la dissolution d'au moins un composé du nickel mélangé ou complexé avec une phosphine tertiaire ou une phosphite portant un groupe fonctionnel, dans le mélange liquide, à caractère ionique, d'au moins un halogénure d'ammonium quaternaire ou/et d'au moins un halogénure de phosphonium quaternaire, d'au moins un halogénure d'aluminium, et éventuellement d'au moins un composé organométallique d'aluminium.

Le brevet français FR-B-2 611 700 décrit l'utilisation de liquides à caractère ionique formés d'halogénures d'aluminium et d'halogénures d'ammonium quaternaires comme solvants de complexes organométalliques du nickel pour la catalyse de dimérisation des oléfines. L'utilisation de tels milieux non miscibles avec les hydrocarbures aliphatiques, en particulier avec les produits issus de la dimérisation des oléfines permet une meilleure utilisation des catalyseurs homogènes. Dans le brevet FR-B-2 659 871 est décrite une composition liquide à caractère ionique résultant de la mise en contact d'halogénures d'ammonium quaternaires et/ou d'halogénures de phosphonium quaternaires avec des dihalogénures d'alkylaluminium et éventuellement en outre un trihalogénure d'aluminium. Ce même brevet décrit l'utilisation de ces milieux comme solvants de complexes de métaux de transition, notamment des complexes du nickel ne contenant pas de liaison nickel-carbone, qui sont transformés en catalyseurs d'oligomérisation des oléfines. Dans la suite, ces milieux seront appelés « sels fondus » parce que liquides à température modérée.

Au cours de ces travaux, il a été montré que les catalyseurs de nickel les plus actifs et les plus stables sont obtenus dans des « sels fondus » constitués d'un équivalent molaire d'halogénure d'ammonium et/ou d'halogénure de phosphonium avec un équivalent et plus de trihalogénure d'aluminium, et éventuellement une quantité quelconque de dihalogénure d'alkyle aluminium. Cette formulation s'est révélée particulièrement intéressante parce que les complexes du nickel qui y sont dissous présentent une activité catalytique élevée.

Par ailleurs, il s'est révélé que dans les conditions décrites dans le brevet français FR-B-2 611 700 « l'effet phosphine » tel que décrit par G. Wilke et al dans Ind. Eng. Chem., 1970, 62, n°12, p. 34, et dans le brevet GB-B-1 058 680, et qui traduit l'influence des substituants portés par l'atome de phosphore sur le mode d'enchaînement des molécules de propylène lors de sa dimérisation

catalytique par le nickel, disparaissait rapidement au cours du temps. Ce phénomène inexpliqué a des conséquences néfastes puisqu'il ne permet pas d'obtenir les sélectivités recherchées.

5 Il a été montré dans le brevet FR-B-2 710 280 que l'addition d'un hydrocarbure aromatique à un « sel fondu » permet de pallier ce défaut et conduit à des catalyseurs dont l'activité est élevée et plus stable et dont la sélectivité en isomères les plus ramifiés est importante. Cependant, l'hydrocarbure aromatique est extrait en continu dans la phase organique constituée par les produits, ce qui implique qu'il soit nécessaire de le séparer et de le recycler au réacteur.

10 Il a maintenant été trouvé que l'utilisation d'une phosphine tertiaire portant un groupe fonctionnel ou d'un complexe de nickel formé avec une phosphine tertiaire soluble dans le « sel fondu », conduit à des catalyseurs dont la sélectivité en isomères les plus ramifiés est importante et stable au cours du temps et dont l'activité est élevée.

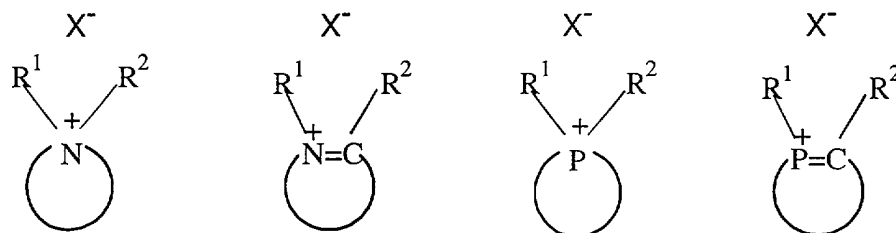
15 L'objet de l'invention est un procédé de dimérisation sélective du propylène en dimères ramifiés dans lequel on utilise une composition catalytique comprenant au moins un composé du nickel mélangé ou complexé avec au moins une phosphine tertiaire portant un groupe fonctionnel, dissous au moins en partie dans un milieu non aqueux à caractère ionique (milieu de type « sels fondus »), résultant de la mise en contact d'au moins un halogénure d'aluminium (Produit B) avec au moins un halogénure d'ammonium quaternaire et/ou au moins un halogénure de phosphonium quaternaire (Produit A), le milieu de type « sels fondus » pouvant en outre comprendre au moins un composé organométallique d'aluminium (Produit C).

25 Ainsi, le milieu de type « sels fondus » dans lequel est dissous le composé de nickel mélangé ou complexé avec au moins une phosphine tertiaire portant un groupe fonctionnel ou au moins une phosphite portant un groupe fonctionnel est constitué par mélange :

- 30 a) d'au moins un halogénure, plus particulièrement chlorure et/ou bromure, d'ammonium quaternaire et/ou phosphonium quaternaire (Produit A) ;
b) d'au moins un halogénure d'aluminium (Produit B) ; et
c) éventuellement d'au moins un composé organométallique d'aluminium (Produit C).

Les halogénures d'ammonium et/ou de phosphonium quaternaires utilisables dans le cadre de l'invention (Produit A) répondent de préférence

- à l'une des formules générales $\text{NR}^1\text{R}^2\text{R}^3\text{R}^4\text{X}$ (à l'exception de NH_4X), $\text{PR}^1\text{R}^2\text{R}^3\text{R}^4\text{X}$, $\text{R}^1\text{R}^2\text{N}=\text{CR}^3\text{R}^4\text{X}$ ou $\text{R}^1\text{R}^2\text{P}=\text{CR}^3\text{R}^4\text{X}$, dans lesquelles X représente Cl ou Br et R^1 , R^2 , R^3 et R^4 , identiques ou différents, représentent chacun l'hydrogène ou un reste hydrocarbyle de 1 à 12 atomes de carbone par exemple des groupements alkyles, saturés ou non saturés, cycloalkyles ou aromatiques, aryles ou aralkyles, comprenant de 1 à 12 atomes de carbone, étant entendu que, de préférence, un seul des substituants R^1 , R^2 , R^3 et R^4 représente l'hydrogène ;
- ou encore à l'une des formules générales :



dans lesquelles les hétérocycles azotés ou phosphorés comportant 1, 2 ou 3 atomes d'azote et/ou de phosphore sont constitués de 4 à 10 atomes et X, R^1 et R^2 sont définis comme précédemment.

A titre d'exemples, on peut citer le chlorure de tétrabutylphosphonium, le chlorure de N-butylpyridinium, le bromure d'éthylpyridinium, le chlorure de butyl-3 méthyl-1 imidazolium, le chlorure de diéthylpyrazolium, le chlorhydrate de pyridinium, le chlorure de triméthylphénylammonium et le chlorure d'éthyl-3 méthyl-1 imidazolium. Ces sels peuvent être utilisés seuls ou en mélanges.

Les halogénures d'aluminium utilisés comme Produits B selon l'invention sont essentiellement le chlorure et le bromure d'aluminium.

Les composés organométalliques d'aluminium utilisés comme Produits C facultatifs selon l'invention, ont pour formule générale $\text{AlR}_x\text{X}_{3-x}$ dans laquelle R est un reste alkyle, linéaire ou ramifié, comportant de 2 à 8 atomes de carbone, X étant le chlore ou le brome et x ayant une valeur égale à 1, 2 ou 3. A titre d'exemples, on peut utiliser le sesquichlorure d'isobutylaluminium, le sesquichlorure d'éthylaluminium, le dichloroisobutylaluminium, le dichloroéthylaluminium et le chlorodiéthylaluminium.

Les composants des « sels fondus » tels que définis ci-dessus sont en général mis en œuvre dans des rapports molaires A:B de 1:0.5 à 1:3, de préférence de 1:1 à 1:2 ; le Produit C est mis en œuvre dans un rapport molaire avec le Produit B au plus égal à 100:1 et de préférence de 0.005:1 à 10:1. Il est néanmoins nécessaire que les composants et leurs proportions soient tels que le mélange soit liquide à la température à laquelle se fait l'introduction du composé du nickel et de la phosphine tertiaire fonctionnalisée, bien que la réaction catalytique de dimérisation puisse se faire à une température inférieure ou supérieure à la température de fusion de la composition catalytique.

Les composés du nickel utilisés dans les compositions catalytiques de l'invention sont par exemple le chlorure, le bromure, le sulfate, les carboxylates, (par exemple l'éthyl-2 hexanoate), les phénates et l'acétylacétonate. On peut également utiliser les complexes organométalliques du nickel contenant ou non des phosphines. Ces complexes de nickel sont utilisés en mélange avec une phosphine tertiaire fonctionnalisée. On peut également utiliser des complexes du nickel déjà complexés avec une phosphine tertiaire portant une fonction.

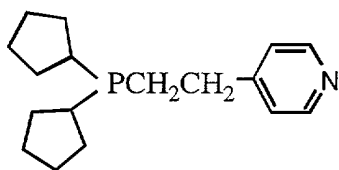
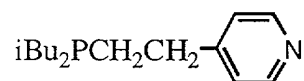
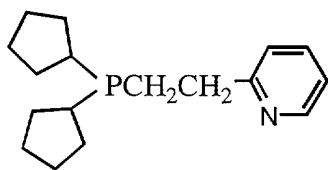
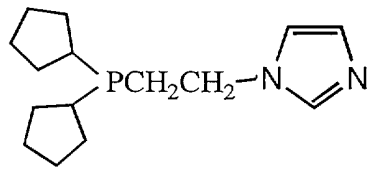
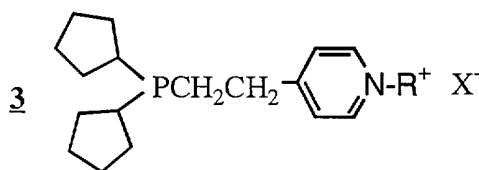
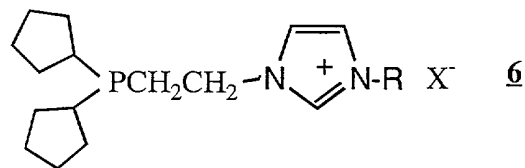
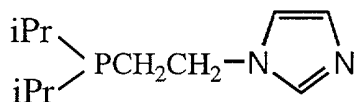
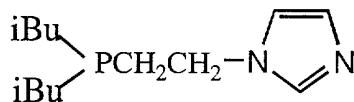
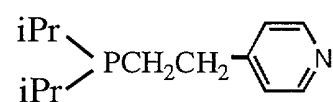
Les phosphines fonctionnelles utilisées en mélange avec (ou pour complexer) les composés de nickel selon l'invention répondent aux formules générales $PR'_1R'_2R'_3$ et $R'_1R'_2P-R'-PR'_1R'_2$ dans lesquelles R'_1 , R'_2 et R'_3 , identiques ou différents, sont des radicaux alkyles, cycloalkyles, aryles ou aralkyles comportant de 1 à 10 atomes de carbone dont l'un au moins porte un groupe fonctionnel tel qu'une amine, une amine cyclique, un hétérocycle azoté, un ester, un acide, un alcool, un ammonium quaternaire, un phosphonium quaternaire, un sulfonium, un sulfonate ou un phosphonate et R' est un reste bivalent aliphatique de 1 à 6 atomes de carbone.

Les phosphines fonctionnelles peuvent être choisies parmi les composés contenant des substituants pyridine ou imidazole, ou leurs dérivés de quaternisation à substituants pyridinium ou imidazolium, qui répondent aux formules 1 à 7 présentées plus loin.

Comme phosphines fonctionnelles portant un substituant pyridine, on peut utiliser la dicyclopentyl-phosphinoéthyl-2-pyridine-4, de formule (1), la dicyclopentyl-phosphinoéthyl-2-pyridine-2, de formule (2), la diisobutyl-phosphinoéthyl-2-pyridine-4, de formule (1b), la diisopropyl-phosphinoéthyl-2 pyridine-4, de formule (4), et leurs dérivés de quaternisation de formule (3), dans laquelle R est un groupe alkyle comportant 1 à 10 atomes de carbone et X est un anion faiblement

coordinant. A titre d'exemples d'anions faiblement coordinants, on peut citer le tétrafluoroborate, l'hexafluorophosphate, le tétrachloroaluminate, l'hexafluoroantimonate, les anions carboxylates tels que l'acétate et le trifluoroacétate, le trifluorosulfonate, ainsi que les anions $N(CF_3SO_2)_2^-$ et $C(CF_3SO_2)_3^-$. Les dérivés de quaternisation sont par exemple le tétrafluoroborate de dicyclopentylphosphinoéthyl-2 N-éthylpyridinium, de formule (3a), ou le chlorure de dicyclopentylphosphinoéthyl-2 N-éthylpyridinium, de formule (3b).

Comme phosphines fonctionnelles portant un substituant imidazole, on peut utiliser par exemple la dicyclopentyl-phosphinoéthyl-2 N-imidazole, de formule (5), la diisopropyl-phosphinoéthyl-2 N-imidazole de formule (7), la diisobutyl-phosphinoéthyl-2 N-imidazole de formule (7b) et leurs dérivés de quaternisation de formule (6), dans laquelle R est un groupe alkyle comportant 1 à 10 atomes de carbone et X est un anion faiblement coordinant (comme défini ci-dessus), tels que le tétrafluoroborate de dicyclopentyl-phosphinoéthyl-2 méthyl-1 imidazolium de formule (6a).

**1****1b****2****5****3a** X⁻=BF₄⁻, R=Et**3b** X⁻=Cl⁻ R=Et**6a** X⁻=BF₄⁻, R=Me**7****7b****4**

A titre d'exemples de composés du nickel utilisables dans la constitution des compositions catalytiques de l'invention, on peut citer les complexes complexes [NiCl₂,1.5P (dicyclopentyléthyl-2 pyridine-4)]₂, [NiCl₂,2P (dicyclopentyléthyl-2 N éthylpyridinium tétrafluoroborate)]₂ [Ni₂Cl₄, (dicyclopentylphosphinoéthyl-2 N-éthylpyridinium tétrafluoroborate)₃, 1,5 CH₂Cl₂], NiCl₂,2 pyridine en mélange avec au moins un équivalent de phosphine tertiaire fonctionnalisée, le chlorure de nickel en mélange avec au moins un équivalent de dicyclopentylphosphinoéthyl-2 pyridine-4, l'acétate de nickel en mélange avec au moins un équivalent de dicyclopentylphosphinoéthyl-2 pyridine-4, l'octoate (éthyl-2 hexanoate) de nickel en mélange avec au moins un équivalent de dicyclopentyl-

phosphinoéthyl-2 pyridine-4 et le chlorure de π -allyl-nickel dicyclopentylphosphinoéthyl-2 pyridine-4.

Les composés entrant dans la composition catalytique selon l'invention peuvent être mélangés dans un ordre quelconque. Le mélange peut se faire par
5 une simple mise en contact suivie d'une agitation jusqu'à formation d'un liquide homogène. Ce mélange peut être fait en dehors du réacteur de dimérisation ou d'oligomérisation ou de préférence dans ce réacteur.

Le propylène soumis à la dimérisation sélective de l'invention peut être utilisé pur ou dilué par un alcane tel qu'on le trouve dans les « coupes » C₃
10 issues des procédés de raffinage du pétrole, comme le craquage catalytique ou le craquage à la vapeur.

La réaction catalytique de dimérisation du propylène mise en œuvre dans le procédé de l'invention peut être conduite en système fermé, en système semi-ouvert ou en continu, avec un ou plusieurs étages de réaction. Une vigoureuse
15 agitation doit assurer un bon contact entre le ou les réactifs et le mélange catalytique. La température de réaction peut être de -40 à +70 °C, de préférence de -20 à +50 °C. On peut opérer au-dessus ou en dessous de la température de fusion du milieu, l'état solide dispersé n'étant pas une limitation au bon déroulement de la réaction. La chaleur engendrée par la réaction peut être éliminée par tous les
20 moyens connus de l'homme du métier. La pression peut aller de la pression atmosphérique à 20 MPa, de préférence de la pression atmosphérique à 5 MPa. Les produits de la réaction et le ou les réactifs qui n'ont pas réagi sont séparés du système catalytique par simple décantation, puis fractionnés.

Les exemples suivants illustrent l'invention sans en limiter la portée.

25 **EXEMPLE 1 :** Préparation du solvant ionique

On a mélangé à température ambiante 17,5 g (0,1 mole) de chlorure de butyl-1 méthyl-3 imidazolium, 16,3 g (0,122 mole) de chlorure d'aluminium sublimé, 1,6 g (0,0126 mole) de dichloroéthylaluminium. On a obtenu ainsi un liquide.

30 **EXEMPLE 2 :**

Préparation du complexe $[\text{NiCl}_2, 1.5\text{P}(\text{dicyclopentyléthyl-2 pyridine-4})]_2$.

Dans un tube de Schlenk maintenu sous atmosphère d'argon, on introduit 2,37 g de $\text{NiCl}_2, 6\text{H}_2\text{O}$ et 10 mL de méthanol absolu. Après dissolution du sel de

nickel, on ajoute 20 mL de pentane. On agite les 2 phases et on ajoute, 5,33 g de la phosphine tertiaire de formule (1) (20 mmoles). Après 2 heures d'agitation, on filtre l'insoluble rouge. On obtient 5,82g. L'analyse élémentaire correspond au complexe de formule $[\text{NiCl}_2, 1.5\text{P}(\text{dicyclopentyléthyl-2 pyridine-4})]_2$ ($M = 1085 \text{ g}$; 10,7 % en poids de Ni).

EXEMPLE 3 : Quaternisation de la pyridine du complexe décrit dans l'Exemple 2.

Dans un tube de Schlenk, on place 3,72 g du complexe décrit dans l'Exemple 2 et on ajoute du dichlorométhane. On ajoute ensuite, goutte à goutte, une solution d'oxonium de tétrafluoroborate dans le dichlorométhane (2,14 g de $\text{Et}_3\text{O}^+\text{BF}_4^-$). On laisse agiter 4 heures, temps au bout duquel on obtient une solution rouge. On évapore le solvant et on ajoute 20 mL d'éther. On filtre le solide cristallin rouge obtenu. On obtient 4,56g. L'analyse élémentaire correspond au complexe de formule : $\text{Ni}_2\text{Cl}_4(\text{P-N}^+\text{Et BF}_4^-)_3, 1,5\text{CH}_2\text{Cl}_2$, où P-N est le ligand de formule (1).

EXEMPLE 4 : Dimérisation du propylène

Un réacteur en verre, muni d'une sonde de mesure de température, d'un barreau aimanté dans l'étage du bas (de volume 20 ml) pour assurer une bonne agitation et d'une double enveloppe permettant la circulation d'un liquide de réfrigération, a été purgé d'air et d'humidité et maintenu à la pression atmosphérique de propylène à 99 % de pureté. On y a introduit 0,03 mmole du complexe préparé dans l'Exemple 2 (0,06 mmole de Ni), puis on a abaissé la température à 10 °C et injecté à l'aide d'une seringue 5 mL de la composition liquide préparée ci-dessus (Exemple 1) et 7 mL d'heptane. On a mis l'agitation en route et on a observé immédiatement une absorption de propylène. Quand l'étage supérieur non agité a été plein de liquide, on a soutiré la plus grande partie de la phase hydrocarbonée. On a arrêté la réaction au bout de 7 heures (5 soutirages). A ce moment, on avait produit 175 kg de produits par gramme de Ni. L'analyse des différentes fractions a montré qu'elles étaient composées à 77 % de dimères. La composition des dimères qui était pratiquement identique dans toutes les fractions comportait 67 % de diméthyl-2,3 butènes, et 29 % de méthyl-pentènes le reste étant des n-hexènes.

EXEMPLE 5: Dimérisation du propylène

On a opéré comme dans l'Exemple 4 à ceci près qu'on a utilisé le sel fondu préparé à cet effet, et qu'on a introduit 0,05 mmole d'octoate (éthyl-2 hexanoate) de nickel et de 0,5 mmole de la dicyclopentylphosphinoéthyl-2 pyridine-4. La
5 réaction a duré 7 heures et 15 minutes, temps au bout duquel on a soutiré 5 fractions et produit 220 kg de produits par gramme de Ni. La sélectivité en dimères est de 78 %. La sélectivité en diméthyl-2,3-butènes est de 66 % dans la première fraction et de 63 % dans la dernière.

EXEMPLE 6: Dimérisation du propylène

10 On a opéré comme dans l'Exemple 4 à ceci près qu'on a utilisé le sel fondu préparé à cet effet, et qu'on a introduit 45 mg du complexe préparé dans l'Exemple 3. La réaction a duré 7 heures et 15 minutes, temps au bout duquel on a soutiré 5 fractions et produit 117 kg de produits par gramme de Ni. La sélectivité en dimères est de 74-79 %. La sélectivité en diméthyl-2,3-butènes est de
15 65 % et elle reste constante dans les différentes fractions.

EXEMPLE 7 (comparatif) : Dimérisation du propylène

On a opéré comme dans l'Exemple 4 à ceci près qu'on a utilisé le sel fondu préparé comme dans l'Exemple 1 mais en introduisant 0,05 mmole de complexe $\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{P}(\text{cyclohexyl})_3$. On a laissé la réaction pendant 8 heures et 30 minutes,
20 temps au bout duquel on a soutiré 10 fractions. On a produit 137 kg de produits par gramme de Ni, avec une sélectivité de 83 % en dimères. La sélectivité en diméthyl-2,3 butènes est de 70 % dans la première fraction ; elle chute à 35 % dans la troisième et à 10 % dans la sixième. Elle est de 6 % dans la dixième.

REVENDICATIONS

1. Procédé de dimérisation sélective du propylène principalement en dimères ramifiés caractérisé en ce que l'on met le propylène en contact avec une composition catalytique comprenant au moins un composé du nickel mélangé ou complexé avec au moins une phosphine tertiaire portant un groupe fonctionnel dissous au moins en partie dans un milieu non aqueux à caractère ionique résultant de la mise en contact d'au moins un halogénure d'aluminium (Produit B) avec au moins un halogénure d'ammonium quaternaire et/ou au moins un halogénure de phosphonium quaternaire (Produit A).

5
2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que le composé du nickel est choisi parmi le chlorure, le bromure, le sulfate, les carboxylates, les phénates et l'acétylacétonate.

10
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que la phosphine tertiaire portant un groupe fonctionnel répond à l'une des formules générales $PR'_1R'_2R'_3$ ou $R'_1R'_2P-R'-PR'_1R'_2$, dans lesquelles R'_1 , R'_2 et R'_3 , identiques ou différents, sont des radicaux alkyles, cycloalkyles, aryles ou aralkyles comportant de 1 à 10 atomes de carbone dont l'un au moins porte un groupe fonctionnel choisi parmi les groupes amines, amines cycliques, hétérocycles azotés, esters, acides, alcools, ammoniums quaternaires, phosphoniums quaternaires, sulfoniums, sulfonates et phosphonates et R' est un reste bivalent aliphatique de 1 à 6 atomes de carbone.

15

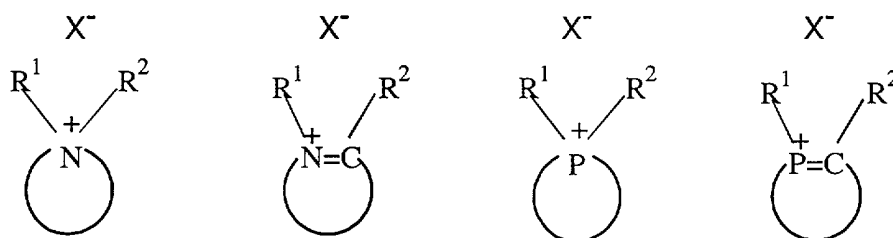
20
4. Procédé selon la revendication 3 caractérisé en ce que la phosphine tertiaire fonctionnelle est choisie parmi les phosphines contenant des substituants pyridine ou imidazole et leurs dérivés de quaternisation à substituants pyridinium ou imidazolium.

25
5. Procédé selon la revendication 4 caractérisé en ce que la phosphine tertiaire fonctionnelle portant un substituant pyridine ou imidazole est choisie parmi la dicyclopentyl-phosphinoéthyl-2-pyridine-4, la dicyclopentyl-phosphinoéthyl-2-pyridine-2, la diisobutyl-phosphinoéthyl-2-pyridine-4, la diisopropyl-phosphinoéthyl-2 pyridine-4, la dicyclopentyl-phosphinoéthyl-2 N-imidazole, la diisopropyl-phosphinoéthyl-2 N-imidazole et la diisobutyl-phosphinoéthyl-2 N-imidazole.

30

6. Procédé selon la revendication 4 caractérisé en ce que la phosphine tertiaire fonctionnelle portant un substituant pyridinium ou imidazolium est un dérivé de quaternisation répondant à l'une des formules (3) et (6) dans lesquelles R est un groupe alkyle comportant 1 à 10 atomes de carbone et X est un anion faiblement coordinant.
7. Procédé selon la revendication 6 caractérisé en ce que l'anion faiblement coordinant est choisi parmi le tétrafluoroborate, l'hexafluorophosphate, le tétrachloroaluminate, l'hexafluoroantimonate, les anions carboxylates tels que l'acétate et le trifluoroacétate, le trifluorosulfonate, et les anions $N(CF_3SO_2)_2^-$ et $C(CF_3SO_2)_3^-$.
8. Procédé selon la revendication 6 ou 7 caractérisé en ce que la phosphine tertiaire fonctionnelle portant un substituant pyridinium ou imidazolium est choisie parmi le tétrafluoroborate de dicyclopentyl-phosphinoéthyl-2 N-éthylpyridinium, le chlorure de dicyclopentyl-phosphinoéthyl-2 N-éthylpyridinium et le tétrafluoroborate de dicyclopentyl-phosphinoéthyl-2 méthyl-1 imidazolium.
9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8 caractérisé en ce que le composé du nickel mélangé ou complexé avec au moins une phosphine tertiaire portant un groupe fonctionnel est choisi parmi les complexes $[NiCl_2, 1.5P(\text{dicyclopentyléthyl-2 pyridine-4})]_2$, $[NiCl_2, 2P(\text{dicyclopentyléthyl-2 N éthylpyridinium tétrafluoroborate})]_2$, $[Ni_2Cl_4, (\text{dicyclopentylphosphinoéthyl-2 N-éthylpyridinium tétrafluoroborate})_3, 1,5CH_2Cl_2]$, $NiCl_2, 2 \text{ pyridine}$ en mélange avec au moins un équivalent de phosphine tertiaire fonctionnalisée, le chlorure de nickel en mélange avec au moins un équivalent de dicyclopentylphosphinoéthyl-2 pyridine-4, l'acétate de nickel en mélange avec au moins un équivalent de dicyclopentylphosphinoéthyl-2 pyridine-4, l'octoate (éthyl-2 hexanoate) de nickel en mélange avec au moins un équivalent de dicyclopentylphosphinoéthyl-2 pyridine-4 et le chlorure de π -allyl-nickel dicyclopentylphosphinoéthyl-2 pyridine-4.
10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9 caractérisée en ce que l'halogénure d'ammonium quaternaire ou l'halogénure de phosphonium quaternaire utilisable comme Produit A répond à l'une des formules générales $NR^1R^2R^3R^4X$, à l'exception de NH_4X , $PR^1R^2R^3R^4X$, $R^1R^2N=CR^3R^4X$ ou $R^1R^2P=CR^3R^4X$, dans lesquelles X représente Cl ou Br et R^1 , R^2 , R^3 et R^4 , identiques ou différents, représentent chacun l'hydrogène ou un reste hydro-

carbyle de 1 à 12 atomes de carbone, ou encore à l'une des formules générales :



5 dans lesquelles les hétérocycles azotés ou phosphorés comportant 1, 2 ou 3 atomes d'azote et/ou de phosphore sont constitués de 4 à 10 atomes et X, R1 et R2 sont définis comme précédemment.

10 11. Procédé selon la revendication 10 caractérisé en ce que l'halogénure d'ammonium quaternaire ou l'halogénure de phosphonium quaternaire est le chlorure de tétrabutylphosphonium, le chlorure de N-butylpyridinium, le bromure d'éthylpyridinium, le chlorure de butyl-3 méthyl-1 imidazolium, le chlorure de diéthylpyrazolium, le chlorhydrate de pyridinium ou le chlorure de triméthylphénylammonium, le chlorure d'éthyl-3 méthyl-1 imidazolium.

15 12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11 caractérisé en ce que l'halogénure d'aluminium utilisé comme Produit B est le chlorure ou le bromure d'aluminium.

13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 12 caractérisé en ce que les Produits A et B sont mis en œuvre dans un rapport molaire A:B de 1:0.5 à 1:3.

20 14. Procédé selon l'une des revendications 1 à 13 caractérisé en ce que le milieu non aqueux à caractère ionique comprend en outre un Produit C, consistant en au moins un composé organométallique de l'aluminium.

25 15. Procédé selon la revendication 14 caractérisé en ce que le composé organométallique de l'aluminium utilisé comme Produit C répond à la formule générale AlR_xX_{3-x} , dans laquelle R est un reste alkyle, linéaire ou ramifié, comportant de 2 à 8 atomes de carbone, X étant le chlore ou le brome et x a une valeur égale à 1, 2 ou 3.

16. Procédé selon la revendication 14 ou 15 caractérisé en ce que le Produit C est le sesquichlorure d'isobutylaluminium, le sesquichlorure d'éthylaluminium, le

dichloroisobutylaluminium, le dichloroéthylaluminium ou le chlorodiéthylaluminium.

- 5 17. Procédé selon l'une des revendications 14 à 16 caractérisé en ce que le Produit C est mis en œuvre dans un rapport molaire avec le Produit B au plus égal à 100:1
18. Procédé selon l'une des revendications 1 à 17 caractérisé en ce que la réaction est conduite en système fermé, en système semi-ouvert ou en continu, avec un ou plusieurs étages de réaction, sous agitation et à une température de -40 à +70 °C.
- 10 19. Procédé selon l'une des revendications 1 à 18 caractérisé en ce que le propylène est contenu dans une « coupe » C₃ issue d'un procédé de raffinage du pétrole.

