

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DU COMMERCE.

SERVICE DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE.

BREVET D'INVENTION.

Gr. 15. — Cl. 2.

N° 956.192

Procédé pour produire des hydrocarbures et du gaz de ville.

Société dite : METALLGESELLSCHAFT AKTIENGESELLSCHAFT résidant en Allemagne.

Demandé le 11 avril 1944, à 14^h 24^m, à Paris.

Délivré le 18 juillet 1949. — Publié le 25 janvier 1950.

(Demande de brevet déposée en Allemagne le 14 mai 1941. — Déclaration du déposant.)

On a déjà proposé d'associer la préparation de mélanges d'hydrocarbures par hydrogénation de l'oxyde de carbone avec la production du gaz de ville. Les usines à gaz existantes devaient être conduites constamment à pleine puissance et le surplus de production dépassant la consommation urbaine devait être utilisé, après transformation en gaz à synthèses, pour produire des hydrocarbures gazeux, liquides et solides. Ce moyen permet certes de réaliser une bonne utilisation des usines à gaz, mais il faut que l'installation de synthèse absorbe les variations saisonnières de la consommation normale du gaz de ville. Il faut donc qu'elle fonctionne à des régimes variables. Cette proposition connue ne fait donc que reporter de l'usine à gaz sur l'installation de synthèse les irrégularités de régime. Il est également connu d'employer les gaz résiduels provenant d'installations de synthèse comme complément pour le gaz de ville. Mais comme ces gaz résiduels, loin de répondre à la norme du gaz de ville, ont au contraire une densité sensiblement supérieure, renferment de plus fortes proportions de constituants incombustibles et d'autre part possèdent de trop faibles vitesses d'inflammation, seuls sont admissibles, sans amélioration de ces gaz résiduels pouvant s'effectuer par élimination de l'anhydride carbonique par lavage et conversion de l'oxyde de carbone et comportant des frais spéciaux, des compléments qui ne

s'élèvent en volume qu'à un faible pourcentage des quantités de gaz de ville existantes. Les conditions nécessaires pour permettre une utilisation intégrale des gaz résiduels par adjonction au gaz de ville n'existent donc que très exceptionnellement.

D'autre part, on sait qu'on obtient du gaz de ville en gazéifiant des combustibles solides au moyen d'oxygène ou d'air enrichi en oxygène et de vapeur d'eau ou d'anhydride carbonique sous une pression de plusieurs atmosphères. Après élimination des constituants condensables du gaz et extraction de l'anhydride carbonique par lavage on peut obtenir, à partir des gaz provenant de la gazéification sous pression, un gaz répondant à la norme du gaz de ville. En même temps que l'extraction de l'anhydride carbonique il se produit alors dans la plupart des cas une élimination déjà suffisante de l'hydrogène sulfuré présent dans le gaz. Le cas échéant, au dispositif servant à extraire par lavage l'anhydride carbonique on annexe de manière connue une épuration destinée à débarrasser le gaz du restant de l'hydrogène sulfuré et des composés organiques du soufre. Toutefois, des conditions de fonctionnement particulières doivent alors être maintenues lors de la gazéification sous pression afin qu'il se forme suffisamment de méthane et qu'on obtienne un gaz possédant le pouvoir calorifique prescrit.

Or on a trouvé qu'on peut associer de façon

particulièrement avantageuse la gazéification sous pression à la production d'hydrocarbures et, le cas échéant, de composés organiques renfermant de l'oxygène par hydrogénation de l'oxyde de carbone de manière à obtenir non seulement des hydrocarbures mais aussi un gaz de ville répondant à la norme. Suivant l'invention, après avoir débarrassé de manière connue le gaz obtenu par gazéification sous pression des hydrocarbures condensables et des composés d'hydrocarbures, de l'anhydride carbonique ou d'une partie de ce dernier, des composés du soufre et le cas échéant des résiduels, on le soumet à l'hydrogénation du monoxyde de carbone en s'arrangeant pour que le gaz final contienne plus de 2 % et moins de 10 % d'oxyde de carbone, en particulier 4 à 8 %. A cet effet, on emploie pour la synthèse des catalyseurs à base de fer qu'on fait agir utilement par une alimentation en gaz dépassant 100 m³ normaux, avantageusement supérieure à 200 m³ normaux, par mètre cube de composition catalytique et par heure. Le gaz qui sort de l'installation de synthèse peut ensuite être directement employé comme gaz de ville. Grâce à l'élévation de sa teneur en méthane résultant de la synthèse, son pouvoir calorifique est supérieur à celui du gaz soumis à la synthèse. Par suite de sa forte teneur en hydrogène il possède aussi une bonne vitesse d'inflammation. Enfin, sa densité et sa teneur en oxyde de carbone correspondent assez exactement aux valeurs favorables connues pour le gaz de ville ou le gaz de cokerie. Suivant l'invention, on transforme le gaz obtenu par gazéification sous pression de façon telle qu'après sa transformation il présente à peu près la même haute teneur en hydrogène que le gaz primitif, sa teneur en monoxyde de carbone étant sensiblement plus faible et correspondant à peu près à celle du gaz de cokerie ou du gaz de ville et sa teneur en méthane étant plus forte que celle du gaz primitif.

Le procédé suivant l'invention présente cet avantage qu'il permet d'utiliser l'installation de gazéification sous pression d'une manière particulièrement favorable. Il fournit en outre des quantités considérables d'hydrocarbures intéressants et possède une grande aptitude à s'adapter aux fluctuations de la consommation de gaz de ville sans que son économie ait à souffrir de ces variations.

Comme il n'est plus nécessaire, dans le cas du procédé suivant l'invention d'organiser la gazéification sous pression en vue de pousser au maximum la formation de méthane, on peut conduire les générateurs de gaz sous un faux d'alimentation très élevé. On peut à la fois faire passer le gaz à travers le combustible présent dans le générateur à une vitesse plus élevée et faire fonctionner ce dernier à une plus haute température, de sorte que la capacité de production du générateur devient sensiblement plus forte que si ce dernier fonctionnait directement en vue de produire du gaz de ville. L'installation de synthèse annexe continue alors à fournir suffisamment de méthane pour conférer au gaz de ville le haut pouvoir calorifique désiré. Il n'y a aucune difficulté à produire par le procédé suivant l'invention un gaz possédant un pouvoir calorifique de 4600 à 4800 Cal. et plus.

En même temps, une élimination plus ou moins complète de l'anhydride carbonique avant la synthèse fournit une autre bonne possibilité d'adapter le pouvoir calorifique du gaz aux conditions particulières. Enfin, on peut aussi modifier la composition du gaz final par la synthèse elle-même. Pour une forte consommation de gaz de ville on peut par exemple régler les générateurs de gaz sous pression en vue d'un débit maximum. On obtient alors un gaz plus riche en hydrogène et plus pauvre en méthane. Pour obtenir le pouvoir calorifique prescrit on conduit alors les fours de synthèse à une température plus élevée. Il en résulte un accroissement de la formation de méthane pendant la synthèse et l'on obtient la compensation désirée de la teneur en méthane du gaz final. Cette plus haute température de réaction qui règne dans les fours de catalyse a alors en même temps pour effet que ces derniers peuvent absorber une plus forte alimentation en gaz. Grâce à ce mode de conduite on peut donc recueillir de plus fortes quantités de gaz de ville et seuls diminuent les rendements en hydrocarbures par mètre cube normal de gaz de ville. En même temps, on peut régler la densité du gaz en réglant convenablement l'élimination de l'anhydride carbonique. Inversement, on peut compenser une consommation réduite de gaz de ville par une production accrue d'hydrocarbures intéressants par mètre cube normal de gaz de ville sans que les propriétés du gaz final à la combustion en soient sensiblement modifiées.

Par les mêmes moyens on peut aussi compenser les variations de composition du gaz qui s'échappe des fours de synthèse et qui proviennent de ce qu'à mesure que le catalyseur vieillit la consommation d'hydrogène au cours de la réaction de synthèse augmente par rapport à la quantité d'oxyde de carbone transformés en même temps. Les bonnes possibilités de réglage offertes par le procédé suivant l'invention permettent également de traiter aussi de la même manière d'autres gaz à forte teneur en hydrogène, en particulier ceux qui contiennent plus de 2 parties en volume d'hydrogène pour 1 partie en volume d'oxyde de carbone et dont il s'agit d'augmenter encore le pouvoir calorifique ces gaz pouvant alors être conduits à travers l'installation de synthèse en mélange avec le gaz épuré provenant de la gazéification sous pression ou même séparément.

Il est vrai qu'on a déjà proposé d'employer pour obtenir catalytiquement d'intéressants hydrocarbures, après épuration, des gaz obtenus par gazéification sous pression. Toutefois, à cause de leur teneur en méthane, ces gaz n'étaient pas particulièrement propres à cet usage. D'ailleurs, en traitant normalement ces gaz dans les fours de catalyse, on n'obtenait nullement un gaz résiduel qu'on pût employer directement comme gaz de ville. De plus, on a proposé de désempoisonner dans des fours de synthèse le gaz de gazéification sous pression et d'autres gaz combustibles avant de les employer comme gaz de ville. Toutefois, l'élimination en forte proportion de l'oxyde de carbone présent dans le gaz, but du désempoisonnement, a pour conséquence qu'on ne peut faire fonctionner l'installation de synthèse qu'à faible puissance, que le rendement en produits liquides rapporté à l'ensemble de l'oxyde de carbone et d'hydrogène transformés est faible, et surtout que l'adaptation de l'installation de synthèse aux fluctuations de la consommation du gaz de ville se heurte à des difficultés. Ainsi, tandis que suivant ce procédé de désempoisonnement, l'installation de gazéification sous pression et l'installation de synthèse se gênent mutuellement, elles se complètent dans le sens le plus favorable dans le cas du procédé suivant l'invention.

Ce procédé présente encore des avantages du point de vue de l'épuration des gaz. On sait qu'avant d'employer des gaz pour la synthèse

de mélanges d'hydrocarbures on les débarrasse de l'hydrogène sulfuré et des composés du soufre jusqu'à concurrence de 0,2 g de soufre par 100 m³. Cette soigneuse élimination de l'hydrogène sulfuré et des composés organiques du soufre n'est plus absolument nécessaire dans le cas du procédé suivant l'invention; c'est ainsi que dans les gaz destinés à l'installation de synthèse on peut laisser subsister les composés organiques du soufre qui bouillent aux températures inférieures à 75° C., car, ainsi qu'on l'a reconnu, et au contraire de ce qu'on pensait auparavant, l'emploi de gaz primitifs riches en hydrogène dans le procédé suivant l'invention donne lieu à une telle apparition de nouveaux emplacements actifs sur le fer métallique du catalyseur que les effets certes nuisibles par eux-mêmes de ces composés organiques du soufre sont compensés dans une large mesure. Par exemple, lorsqu'on emploie dans le procédé suivant l'invention des gaz obtenus par gazéification sous pression, il est possible de débarrasser ces gaz primitifs après condensation des goudrons et huiles et simplement au moyen d'eau sous pression, de l'anhydride carbonique et de l'hydrogène sulfuré ainsi que d'une partie des composés organiques du soufre et de les amener ensuite directement aux fours de synthèse. Toutefois, il est alors recommandable d'éliminer les hydrocarbures du type essence et les résinogènes par un traitement, précédant ou suivant le lavage à l'eau sous pression, au moyen de charbon actif ou même par un lavage à l'huile.

Lorsque c'est un lavage à l'huile qu'on emploie pour extraire l'essence on peut, comme on l'a également trouvé, obtenir une élimination pratiquement suffisante des résinogènes en étendant le lavage à l'huile en vue de l'élimination des hydrocarbures dont la molécule renferme 5 atomes de carbone et plus. Dans ce cas l'épuration complémentaire des gaz, avantageuse dans les autres cas, au moyen de charbon actif d'éliminer les résinogènes n'est plus nécessaire. Cette façon d'opérer (lavage à l'huile) est applicable d'une façon absolument générale pour la préparation de gaz renfermant des résinogènes en vue de la synthèse car, ainsi qu'on l'a constaté, les résinogènes à 4 et en particulier à 3 atomes de carbone, tels que le butadiène, le propadiène, n'exercent plus d'actions nuisibles même sur des catalyseurs utilisables

pour l'hydrogénation de l'oxyde de carbone.

Naturellement, rien n'empêche, même en combinaison avec le procédé suivant l'invention, de veiller à une élimination très complète même
 5 des composés organiques du soufre, par exemple par le traitement connu au moyen de compositions alcalinisées, par exemple de compositions à base d'hydroxyde de fer alcalinisées ou de
 10 charbon actif alcalinisé, à des températures d'environ 100 à 300° C. Au surplus, si on le désire, on peut n'effectuer l'élimination de l'anhydride carbonique ou d'une partie de ce
 15 dernier que postérieurement à la synthèse. On a alors la possibilité d'éliminer plus ou moins complètement non seulement l'anhydride carbonique primitivement présent dans le gaz
 20 mais aussi celui qui s'est formé au cours de la synthèse, ce qui peut être utile, par exemple, lorsqu'il s'agit de diminuer encore la densité du gaz ou d'élever davantage son pouvoir calorifique et sa vitesse d'inflammation ou lorsque
 25 le gaz contient en grande quantité d'autres constituants inertes, par exemple de l'azote. Enfin, on peut aussi éliminer l'anhydride carbonique du gaz avant ou après la synthèse.

On introduit ensuite les gaz primitifs, épurés de la façon décrite, dans des fours de catalyse connus en eux-mêmes pour la synthèse de l'essence, avantageusement du type comportant
 30 des éléments réfrigérants placés tout à côté les uns des autres et maintenus à température constante, à des températures comprises entre 250 et 350° C, avantageusement sous une pression de 10 à 25 atm., dans lesquels sont dis-
 35 posés à demeure des catalyseurs granulés à base de fer. Il se forme de l'essence, de l'huile et le cas échéant de la paraffine ainsi que des composés organiques oxygénés qu'on sépare de manière connue des gaz résiduels de la réaction.
 40 Dans le procédé suivant l'invention le catalyseur à base de fer a alors pour effet qu'il ne diminue que très peu le pourcentage d'hydrogène du gaz.

On peut aussi opérer en deux ou trois étapes de synthèse, auquel cas on s'abstiendra utilement
 45 de refroidir sensiblement les gaz de réaction entre les étapes et l'on ne séparera que les produits de réaction peu volatils qui s'échappent à l'état liquide du four de catalyse. Il y a intérêt à choisir une température de réaction légèrement
 50 supérieure à chaque étape suivante. La séparation des produits de réaction à la suite

de la dernière étape de catalyse s'effectuera plus ou moins complètement suivant le pouvoir calorifique et les propriétés à la combustion 55 qu'on désire obtenir pour le gaz de ville final.

Des compositions catalytiques qui se sont révélées comme particulièrement favorables dans la mise en œuvre de l'invention sont celles qu'on
 60 aura préparées en précipitant ou en hydrolysant des sels métalliques ou à partir de compositions à base d'oxyde ou d'hydroxyde de fer hydratées ou formées par hydrolyse ou par des décompositions analogues. Il est utile de déposer la composition catalytique sur des supports, 65
 comme par exemple la terre d'infusoires, le charbon actif, la terre décolorante, le gel d'acide silicique, la craie, etc., après quoi s'il y a lieu on granule ces compositions catalytiques, on les moule, on les dessèche et, avant de les mettre 70
 en service, on les réduit utilement au moyen d'hydrogène ou de gaz en contenant. Des catalyseurs particulièrement avantageux sont ceux qui contiennent, en plus de fer et d'oxydes ou
 75 d'hydroxydes du fer, du cuivre finement divisé, des composés alcalins sous forme d'hydroxydes de carbonates ou de nitrates, par exemple de potasse caustique, de carbonate de potassium, de nitrate de potassium et de silicates alcalins, par exemple de silicate de potassium, le cas 80
 échéant en association avec d'autres compléments connus en eux-mêmes. Peuvent être présents, par exemple, d'autres composés métalliques oxydiques difficilement réductibles, comme l'oxyde d'aluminium, l'oxyde de manganèse, 85
 l'oxyde de chrome, l'oxyde de magnésium, les terres rares, etc. Le catalyseur peut aussi contenir en outre du nickel ou du cobalt finement disséminé, ou ces deux métaux à la fois, en proportions inférieures à 1 %, de préférence entre 90
 0,1 et 0,01 %, le cas échéant en plus de composés de ces métaux. On peut encore obtenir des avantages particuliers en s'efforçant, lors de la réduction des catalyseurs à base de fer employés pour ce nouveau procédé, d'obtenir 95
 dans le catalyseur des teneurs en fer métallique égales ou inférieures à 10% de sa teneur totale en fer. De tels catalyseurs fournissent, dans le procédé suivant l'invention, de grandes quantités de paraffine. Si l'on veut produire une forte 100
 quantité d'essence, on peut aussi employer des catalyseurs plus fortement réduits, par exemple dans lesquels le fer existe principalement sous forme de métal et d'oxyde de fer.

On emploiera donc avantageusement des catalyseurs à base de fer susceptibles d'être obtenus par précipitation à partir de solutions ou par transformation de compositions renfermant de l'oxyde ou de l'hydroxyde de fer ou par décomposition pyrogénée de nitrates. Comme catalyseurs précipités on emploiera avantageusement ceux qu'on aura précipités à partir de solutions de sels métalliques de façon telle que la valeur de pH de la boue catalytique qu'on recueille alors soit de 7,5 à 11, avantageusement de 9 à 10. Pour la synthèse elle-même on peut aussi maintenir des conditions particulières qui, telles que la transformation incomplète des gaz conduisant d'ailleurs à des produits de plus grande indétonance, l'emploi de plus longues durées de séjour des gaz dans le four de catalyse, dévalent le rendement en produits de réaction soit du côté de la paraffine, soit du côté de l'essence, ou qui, telles que la réintroduction des gaz dans les fours de catalyse et la modification des quantités réintroduites ou le traitement au moyen de solvants, améliorent l'efficacité des catalyseurs. On peut aussi opérer en plusieurs étapes et donner à l'alimentation en gaz des valeurs différentes dans les diverses étapes, ou employer des catalyseurs d'efficacitées différentes, dont les tonneurs en métal ayant une action hydrogénante différent les unes des autres. De même, on peut aussi brancher en amont ou en aval de fours de catalyse chargés de catalyseurs, à base de fer des fours de catalyse chargés de catalyseurs à base de cobalt.

Comme on l'a déjà fait remarquer et à la différence du mode d'exécution antérieur de la synthèse de l'essence au moyen de catalyseurs à haute activité, il faut que l'alimentation en gaz d'un four de catalyse dépasse 100 m³ normaux, avantageusement 200 m³, et soit par exemple de 300 à 400 m³ normaux de gaz primitif par mètre cube de composition catalytique et par heure, la température de réaction et le taux de transformation du gaz ou son débit étant réglés de manière qu'après refroidissement des gaz résiduels de la réaction et séparation d'une partie convenable des produits de réaction, il demeure un gaz présentant les propriétés qu'un gaz de ville présente à l'usage. Pour un gaz primitif donné, une élévation de la température de réaction, une diminution du taux d'alimentation en gaz, produisent une élévation du pouvoir calorifique et de la densité mais par contre

une diminution de la vitesse d'inflammation du gaz de ville final. On peut donc également, lorsque la quantité et la composition du gaz primitif sont données, régler à une valeur déterminée les caractéristiques du gaz de ville obtenu suivant l'invention, c'est-à-dire principalement son pouvoir calorifique et sa densité, d'une part, et sa vitesse d'inflammation, d'autre part, par un réglage de la température du four de catalyse. Par exemple, un enregistreur de pouvoir calorifique peut commander une impulsion à destination de l'appareil réglant la température du four de catalyse de façon telle que cette température s'élève si le pouvoir calorifique est trop faible et s'abaisse si ce pouvoir calorifique est trop élevé.

D'autre part ou complémentaiement, on peut modifier le pouvoir calorifique et la densité ainsi que la vitesse d'inflammation par une élimination plus ou moins complète de l'essence et du gazoil en aval de la dernière étape de synthèse.

On peut aussi régler la vitesse d'inflammation du gaz de ville produit suivant l'invention en modifiant la composition du gaz primitif. Par exemple, on l'élève par l'emploi d'un gaz primitif plus riche en hydrogène, qu'on peut obtenir par exemple, par gazéification sous pression, en opérant avec un plus fort excès de vapeur d'eau ou en faisant fonctionner le générateur sous une charge plus élevée. Le pouvoir calorifique du gaz final est lui aussi susceptible d'être modifié par des variations de la composition du gaz primitif. L'emploi d'un régime de fonctionnement plus modéré pour le générateur et de pressions de régime plus élevées pour la gazéification sous pression permettent par exemple d'obtenir une augmentation de la teneur en méthane. Enfin, on peut aussi régler la densité du gaz par un réglage approprié de la teneur en anhydride carbonique du gaz primitif ou du gaz final ou des deux. Les installations de lavage qui existent en tout état de cause dans les installations de gazéification sous pression, par exemple les appareils de lavage par l'eau sous pression destinés à éliminer l'anhydride carbonique du gaz brut, peuvent être réglés en vue d'un degré quelconque d'élimination, ce qui permet de régler la densité du gaz résiduel. De façon analogue, une modification est également possible par l'emploi d'air enrichi en oxygène au lieu d'oxygène pur, ou par adjonction de gaz inertes à l'oxygène (ou au gaz primi-

(ii) lors de la gazéification sous pression.

Enfin, on peut aussi influencer la qualité du gaz pendant la synthèse en ajoutant de la vapeur d'eau au gaz à synthèse, grâce à quoi, en même temps qu'on élève la température du four de catalyse, on obtient un décalage du rapport de consommation entre l'oxyde de carbone et l'hydrogène au cours de la synthèse dans la direction d'une plus forte consommation d'oxyde de carbone, cependant que la vitesse d'allumage du gaz final s'élève. On obtient l'effet opposé en conduisant les gaz à synthèses en circuit fermé tout en supprimant l'admission de vapeur d'eau et s'il y a lieu abaissant la température de réaction.

Enfin, on peut recourir aussi à l'adjonction, ou à l'adjonction de quantités variables, de gaz primitif épuré au gaz provenant du procédé suivant l'invention pour régler les propriétés de ce dernier à l'usage et les maintenir uniformes.

RÉSUMÉ :

1° Ce procédé pour produire d'intéressants hydrocarbures et des gaz combustibles présentant à l'usage les caractéristiques d'un gaz de ville tout en employant l'hydrogénation du monoxyde de carbone dans des fours de catalyse dans lesquels le catalyseur est disposé entre des éléments réfrigérants étroitement voisins et maintenus à une température constante, consiste à soumettre à l'hydrogénation du monoxyde de carbone, tout en employant des catalyseurs à base de fer, des gaz riches en hydrogène contenant utilement plus de 2 parties en volume d'hydrogène pour 1 partie en volume d'oxyde de carbone et de l'oxyde de carbone en proportions supérieures à 10 %, par exemple des gaz obtenus par gazéification sous pression de combustibles solides, en s'arrangeant pour que le gaz final contienne plus de 2 % et moins de 10 % d'oxyde de carbone, en particulier 4 à 8 %, utilement en employant une alimentation en gaz dépassant 100 m³ normaux, avantageusement supérieure à 200 m³ normaux, par mètre cube de composition catalytique et par heure, le gaz de retour éventuellement employé n'étant pas compris dans ces proportions.

2° On emploie des gaz primitifs dont le pouvoir calorifique est inférieur à celui du gaz de ville normal.

3° On emploie de préférence des catalyseurs à base de fer obtenus par hydrolyse de composés du fer ou par précipitation, renfermant du fer finement divisé et des oxydes ou hydroxydes de fer; ces catalyseurs seront utilement déposés sur des matières de support, telles que du charbon actif, de l'acide silicique actif, par exemple du gel de silice, des terres décolorantes, de la craie, etc.; ils peuvent renfermer en outre des activateurs comme par exemple du cuivre, des alcalis, en particulier de la potasse caustique ou du carbonate ou du silicate de potassium, et aussi le cas échéant des composés difficilement réductibles comme l'oxyde d'aluminium, l'oxyde de magnésium, l'oxyde de thorium, l'oxyde de manganèse, l'oxyde de chrome, des terres rares, etc.

4° Après avoir précipité les hydrocarbures condensables et les composés d'hydrocarbures on débarrasse les gaz provenant de la gazéification sous pression, par lavage au moyen d'eau sous pression, de l'anhydride carbonique ou d'une partie de ce dernier ainsi que des composés du soufre, et on les amène à l'installation de synthèse, utilement après une élimination des résidus par traitement au moyen de charbon actif ou par lavage à l'huile précédant ou suivant le lavage par l'eau sous pression, et le cas échéant après élimination poussée des composés organiques du soufre.

5° On effectue la réaction de synthèse en deux ou plusieurs étapes, de préférence en ne retirant entre les diverses étapes que les produits de réaction qui se présentent à l'état liquide à la température de réaction ou à son voisinage, les étapes subséquentes étant amenées à se dérouler par une alimentation en gaz ou par températures (ou par les deux) plus élevées que dans les étapes précédentes.

Société dite : METALLGESELLSCHAFT
AKTIENGESELLSCHAFT.

Par incorporation :
BRAYET.