

## (12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 51535 B1** (51) Cl. internationale : **B01D 53/14; B01J 12/00; B01J 19/26; B01D 53/14**
- (43) Date de publication : **31.03.2022**
- 
- (21) N° Dépôt : **51535**
- (22) Date de Dépôt : **08.04.2019**
- (30) Données de Priorité : **20.04.2018 EP 18168534.8**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/EP2019/058797 08.04.2019**
- (71) Demandeur(s) : **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT, Werner-von-Siemens-Strasse 1, 80333 Munchen (DE)**
- (72) Inventeur(s) : **TREMEL, Alexander ; BALDAUF, Manfred ; MELTZER, Katharina ; GLÖSER, Lukas**
- (74) Mandataire : **SABA & CO., TMP**

---

(54) Titre : **PROCÉDÉ DE FONCTIONNEMENT D'UN SYSTÈME DE RÉACTEUR**

- (57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de fonctionnement d'un système de réacteur (2) destiné à la mise en œuvre de réactions à équilibre limité. Le procédé comprend les étapes suivantes : - faire réagir des éduits (4) pour obtenir un produit (6) dans une chambre de réacteur (8) à une pression p1, un absorbant (10) étant chargé avec le produit (6) puis absorbant également des éduits (4), a) évacuer l'absorbant chargé (10') de la chambre de réacteur (8), et b) abaisser la pression de l'absorbant (10) à une pression p2, la pression p2 étant inférieure à la pression p1, et le produit (6) et les éduits (4) étant évacués sous forme gazeuse de l'absorbant liquide (10) et c) séparer les produits gazeux (6) des éduits gazeux (4) par condensation, d) pendant que l'absorbant liquide (10) est soumis à une pression p3, la pression p3 étant supérieure à la pression p1 et e) amener l'absorbant liquide (10) à la pression p3 dans un compresseur à gaz à jet liquide (12) dans lequel les éduits gazeux (4) séparés des produits (6) sont aspirés et dissous dans l'absorbant liquide (10) et f) sont ensuite introduits dans la chambre de réacteur (8) à la pression p4, qui est inférieure à la pression p3.

### المخلص

يتعلق الاختراع الحالي بطريقة تشغيل نظام مفاعل (2) لإجراء تفاعلات محدودة التوازن، تشتمل على الخطوات التالية: - تحويل مواد البدء (4) إلى منتج (6) في غرفة تفاعل (8) تحت ضغط  $p_1$ ، حيث يتم تحميل مادة ماصة (10) بالمنتج (6) وبالتالي تمتص أيضًا مواد البدء (4)،  
أ) تفريغ المادة الماصة المحملة (10) من غرفة التفاعل (8)، و  
ب) خفض ضغط المادة الماصة (10) إلى ضغط  $p_2$ ، حيث يكون الضغط  $p_2$  أقل من الضغط  $p_1$ ، ويتم تفريغ المنتج (6) ومواد البدء (4) في حالة غازية من السائل الماص (10) و(ج) يتم فصل المنتجات الغازية (6) عن مواد البدء الغازية (4) بالتكثيف، (د) يتم تطبيق ضغط  $p_3$  على السائل الماص (10)، يكون الضغط  $p_3$  أعلى من الضغط  $p_1$ ، و(هـ) يتم توصيل مادة الامتصاص السائلة (10) تحت ضغط  $p_3$  في ضاغط الغاز السائل النفاث (12)، حيث يتم فصل مواد البداية الغازية (4) عن المنتجات (6) ويتم شفطها وتدويرها في السائل الماص (10) و(و) الدخول بعد ذلك في غرفة التفاعل (8) تحت ضغط  $p_4$ ، وهو أقل من الضغط  $p_3$ .

5

10

## الوصف الكامل

### المجال التقني:

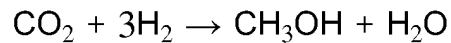
يتعلق الاختراع بطريقة تشغيل نظام مفاعل وفقاً لعنصر الحماية رقم 1.

### الخلفية التقنية:

5

يتسبب الوقود الأحفوري في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، مما يجعل من الصعب حماية المناخ العالمي. ولهذا السبب، يتم تعزيز تطوير الطاقات المتجددة. ومع ذلك، فإن إنتاج الطاقة المتجددة يخضع لتغيرات إقليمية وكذلك زمنية كبيرة.

10 على سبيل المثال، في الأيام المشمسة أو العاصفة، يتم إنتاج الطاقة بطريقة فعالة من حيث التكلفة عن طريق الخلايا الكهروضوئية أو محطات طاقة الرياح، على التوالي. يجري حالياً البحث عن نهج اقتصادية لاستخدام هذه القوة بشكل هادف عبر قطاع الكهرباء، وعلى سبيل المثال، لتوليد منتجات كيميائية مفيدة منه. أحد الاحتمالات هو التحويل الكهروكيميائي للماء إلى هيدروجين وأكسجين. يمكن أن يتفاعل الهيدروجين الناتج بعد ذلك مع ثاني أكسيد الكربون الضار بالمناخ كجزء بداية أو مادة 15 بداية، حيث يتم تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في نفس الوقت. يمكن لثاني أكسيد الكربون، المتاح بسهولة نسبياً، أن يتفاعل كمصدر غير مكلف للكربون، على سبيل المثال في إنتاج الميثانول كمنتج محتمل لتخليق أحادي المرحلة لثاني أكسيد الكربون والهيدروجين وفقاً لمعادلة التفاعل.



20

ومن أحد عيوب تخليق الميثانول من ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين هو تحويلات التوازن المنخفضة، والتي تكون حوالي 20% فقط عند 50 بار و 250 درجة مئوية. لذلك، في أنظمة التخليق التقليدية، يتم تداول جزء كبير من مواد البدء الغازية، مما يؤدي إلى خسائر كبيرة في الضغط في المفاعل وفي خطوط الأنابيب، حيث يجب أن يحدث مدخلات طاقة كبيرة في شكل طاقة ضغط 25 وطاقة حرارية. علاوة على ذلك، فإن إعادة تدوير الغاز ليست مناسبة جداً للتشغيل الديناميكي لنظام التفاعل، وبالتالي يمكن أيضاً أن تتكيف بشكل سيئ مع كميات الطاقة الكهربائية التي تحدث بشكل غير منتظم، كما هو السائد نتيجة لتقلب الإنتاج على أساس الرياح والخلايا الكهروضوئية.

تم بالفعل وصف نهج لتنفيذ تفاعلات محدودة التوازن في WO 2017212016 A1. حيث تم استخدام مفاعل خزان مقلوب حيث توجد مادة ماصة في المنطقة السفلية من المفاعل ويتم توصيل غازات مادة البداية من خلال ترتيب محفز، حيث يتم امتصاص المنتجات بواسطة ماصات بعيدة عن المحفز. مثل هذا النظام مفيد تمامًا ولكنه معقد تقنيًا بسبب ترتيب المحرض وله قيود في الإزالة الديناميكية للمنتج والإمداد الديناميكي للطاقة الكهربائية. 5

في عملية إدارة المفاعلات لإجراء تفاعلات محدودة التوازن من النوع الموصوف، غالبًا ما يكون لا مفر منه لأسباب تتعلق بالعملية أن المواد الأولية يتم امتصاصها أيضًا بواسطة الماص حتى درجة معينة من التشبع. على الرغم من أن هذا لا يتضمن سوى نسبة صغيرة من إجمالي المدخلات لمواد البدء، والتي تقل عن 10%، وعمومًا أقل من 5%، إلا أن مواد البدء هذه تُفقد عند تفريغ المادة الماصة والانفصال عن المنتجات. وبالتالي فإن اقتصاد العملية ككل يتضرر. 10

### الكشف عن الاختراع:

يتمثل هدف الاختراع الحالي في توفير طريقة لتشغيل نظام مفاعل لتنفيذ تفاعلات محدودة التوازن والتي أدت إلى تحسن من الناحية الاقتصادية مقارنة بالطرق الواردة في الفن السابق. 15

ويتم تحقيق هذا الهدف من خلال طريقة لتشغيل نظام مفاعل يتمتع بخصائص وفقا لعنصر الحماية 1.

تشتمل الطريقة وفقاً للاختراع الخاص بتشغيل نظام مفاعل لإجراء تفاعلات محدودة التوازن على الخطوات التالية: 20

في البداية، يتم تحويل مواد البدء (أو مادة البداية) إلى منتج واحد (أو أكثر) في غرفة التفاعل. وبالتالي يسود ضغط  $p_1$  في النظام. نظراً لأن التفاعل محدود الاتزان، مما يعني أن التوازن لا يكمن كلياً في جانب المنتجات، يتم استخدام مادة ماصة تمتص أو محملة بالمنتجات التي تكونت بالفعل ويتم تفريغها من غرفة التفاعل. عندما يتم تحميل المادة الماصة بالمنتجات، فإن المواد البادئة تمتصها المادة الماصة بطريقة غير مرغوب فيها. في الخطوة الثانية، يتم تفريغ المادة الماصة، التي تحتوي على المنتجات بشكل كبير ولكنها محملة أيضاً بكمية صغيرة من مواد البدء، من غرفة التفاعل. في خطوة طريقة أخرى، يتم خفض ضغط المادة الماصة بدءاً من الضغط  $p_1$  إلى الضغط  $p_2$ . وبالتالي يكون الضغط  $p_2$  أقل من الضغط  $p_1$ . عندما يتم خفض الضغط، يتم تحرير المادة 25 30

الماصة من المنتجات ومواد البداية، والتي تكون بعد ذلك موجودة في شكل غازي. يستمر الماص في التواجد في شكل سائل. في خطوة فرعية، يتم فصل المنتجات الغازية عن مواد البدء الغازية عن طريق التكثيف. وبالتالي يمكن أن تتكون كل من المنتجات ومواد البداية من مكون كيميائي واحد فقط أو من مكونات كيميائية متعددة. هذا يعتمد على إدارة العملية المختارة وعلى رد الفعل نفسه.

5

في خطوة فرعية أخرى من الطريقة، يتم تطبيق ضغط  $p3$  على المادة الماصة السائلة، حيث يكون الضغط  $p3$  أعلى من الضغط  $p1$  السائد في غرفة التفاعل. يتم توصيل ماص السائل الذي يطبق عليه الضغط  $p3$  في ضاغط الغاز السائل النفاث، حيث يتم استنشاق المواد الباردة، التي تم فصلها بالفعل عن المنتجات والموجودة في شكل غازي، وتذويبها في السائل الماص. يتم إدخال مادة الامتصاص السائلة، التي يتم تحميلها مرة أخرى بمواد البدء، في غرفة التفاعل.

10

نظرًا لأنه يتم إدخال مادة ماصة محملة بالفعل بمواد البداية في غرفة التفاعل، تسود درجة معينة من تشبع المادة الماصة لامتصاص مواد البدء. وهذا بدوره يعني أنه مع الإدارة المثالية للعملية، لا يمكن لمواد بدء أخرى أن تنتقل إلى المادة الماصة أثناء التفاعل. سيكون من الممكن أيضًا من حيث المبدأ ضغط مواد البدء المنفصلة عن المنتجات والموجودة في شكل غازي وإدخالها في غرفة التفاعل مرة أخرى تحت ضغط التفاعل الضروري  $p1$ . ومع ذلك، فمن المفيد أكثر من حيث الطاقة والأقل تعقيدًا من حيث العملية إحضار مادة الامتصاص، التي يجب على أي حال زيادتها إلى هذا الضغط  $p1$ ، إلى مستوى الضغط  $p3$  وهو أعلى قليلاً من الضغط  $p1$  واستنشاق مواد البدء الغازية ومن ثم إذابتها في السائل الماص تحت ضغط  $p3$ . هذا لأنه يجب استخدام طاقة أقل من أجل تطبيق ضغط على سائل مما هو ضروري لممارسة الضغط على الغازات، نظرًا لأن الغازات شديدة الانضغاط، وهذا ليس هو الحال مع السوائل.

15

20

يكون الضغط  $p4$  لامتصاص السائل مع مادة البداية المذابة فيه أقل من الضغط  $p3$  ولكن يفضل أعلى من أو مساوٍ للضغط  $p1$ ، بحيث يمكن إدخال المادة الماصة في غرفة التفاعل مرة أخرى دون تطبيق ضغط إضافي أو بدون مزيد من التدابير التقنية.

25

تتمثل ميزة الطريقة الموصوفة في إدخال مواد البدء في المادة الماصة مرة أخرى بنفقات منخفضة نسبيًا من حيث الطاقة وتحميل المادة الماصة بمواد البداية بحيث يكون التشبع موجودًا ولا يمكن امتصاص مواد بدء أخرى أثناء العملية اللاحقة، وبالتالي لا يتم فقد أي مواد بدء أخرى من العملية.

يفضل أن تكون مواد البداية التي يتم تحميل المادة الماصة بها بالفعل في صورة مشبعة ويتم توفيرها إلى مادة الامتصاص مرة أخرى إلى درجة التشبع في خطوة عملية موفرة للطاقة بعد التفريغ.

في تجسيد إضافي للاختراع، يتم تخفيض ضغط المادة الماصة من الضغط  $p_1$  إلى الضغط  $p_2$  بعد مغادرته حجرة التفاعل بحيث توجد مرحلة ضغط أخرى، يُشار إليها  $p_{11}$ ، بين الضغوط  $p_1$  و  $p_2$ . وبالتالي، يتم تنفيذ خطوات الطريقة C و D و E وفقاً لعنصر الحماية رقم 1 أيضاً لكل من مرحلة الضغط  $p_{11}$  ولماصة الامتصاص تحت الضغط  $p_2$ . بمعنى آخر، في مرحلة الضغط الوسيط  $p_{11}$  أيضاً، يتم أولاً فصل جزء المنتجات التي يتم تفريغها من مادة الامتصاص عن طريق تقليل الضغط عن مواد البدء الغازية. إن تنفيذ الخطوة E من عنصر الحماية 1 بشكل مماثل يعني أن المادة الماصة لها ضغط أعلى من  $p_{11}$  ولكن ليس بالضرورة أن يكون أعلى من  $p_1$ .

5

10

من حيث المبدأ، من المفيد بالطبع إدخال المزيد من مراحل الضغط المتتالية بين مرحلة الضغط  $p_1$  و  $p_2$  بالإضافة إلى مرحلة الضغط  $p_{11}$ . هذا له ميزة أنه، بدءاً من  $p_2$ ، يمكن زيادة ضغط المادة الماصة تدريجياً إلى الضغط  $p_4$  مرة أخرى، أي في خطوات عملية متعددة، مما يؤدي إلى اختلاف الضغط الذي يحدثه ضاغط الغاز السائل النفاث يجب أن يكون الجسر أصغر مما لو كانت هناك زيادة أحادية المرحلة بين  $p_2$  و  $p_4$ . وهذا بدوره يعني أن ضاغط الغاز السائل النفاث يمكن تصميمه ليكون أقل طلباً من حيث البناء وبالتالي فهو أيضاً أقل تكلفة.

15

يقع الضغط  $p_1$  الذي يسود في غرفة التفاعل والذي يغادر الماص من غرفة التفاعل تحته بين 20 بار و 250 بار، اعتماداً على التفاعل الذي سيتم تنفيذه والعائد المطلوب ومدخلات الطاقة الممكنة. بالنسبة لتخليق الميثانول من مواد البدء، ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين، فإن الضغوط التي تتراوح، على سبيل المثال، بين 50 بار و 85 بار في غرفة التفاعل تكون مفيدة مثل الضغط  $p_1$ . يتم تخفيض هذا الضغط  $p_1$  إلى الضغط  $p_2$ ، اختياريًا بطريقة متتالية، حيث يقع الضغط  $p_2$  بين 1 بار و 50 بار، من حيث المبدأ، فإن أفضل تصريف للمنتجات وأيضاً مواد البدء غير المرغوب فيها من مادة الامتصاص تحدث عند ضغوط قريبة من الغلاف الجوي للضغط، أي بين 1 بار و 3 بار.

20

25

ومن المفيد أيضاً أن يكون فرق الضغط بين الضغط  $p_1$  و  $p_{11}$  وأيضاً بين المراحل الوسيطة الأخرى حتى الضغط  $p_2$  في كل حالة يقع في نطاق يتراوح بين 3 بار و 10 بار، والذي بدوره ينتج عنه أن الحمل على إبقاء ضاغط الغاز السائل النفاث منخفضاً. يمكن أيضاً تصميم المضخات التي تضغط المادة الماصة من مرحلة ضغط إلى المرحلة التالية بنفقات تقنية أقل في المقابل.

30

### وصف مختصر للأشكال

سيتم شرح المزيد من التجسيديات والميزات الإضافية للاختراع بمزيد من التفصيل عن طريق الأشكال التالية. التجسيديات تخطيطية بحتة ونموذجية ولا تشكل قيداً على نطاق الحماية.

5

يوضح الشكل 1 نظام مفاعل مع تخفيف الضغط بمرحلة واحدة،

يوضح الشكل 2 نظام مفاعل مع تخفيف الضغط متعدد المراحل، و

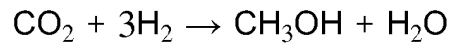
يوضح الشكل 3 المقطع العرضي من خلال ضاغط الغاز السائل النفاث.

10

### الوصف التفصيلي

يوضح الشكل 1 أولاً بشكل تخطيطي نظام المفاعل 2 الذي يمكن تشغيله، على سبيل المثال، على أساس حزمة مفاعل 14. ستتم مناقشة الطريقة المحتملة لتشغيل نظام المفاعل هذا، ولا سيما لتنفيذ تفاعلات محدودة التوازن. بإيجاز أدناه. تفاعلات محدودة الاتزان، على سبيل المثال تفاعل ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين مع الميثانول وفقاً للمعادلة

15



لها خاصية، يحددها النظام بسبب توازن الطاقة، أن التوازن الكيميائي يقع على الجانب الأيسر أكثر من الجانب الأيمن من معادلة التفاعل. في المعادلة الموصوفة، يقع التوازن حوالي 20% على الجانب الأيمن و 80% على الجانب الأيسر. ينتج عن ذلك، من أجل التنفيذ الناجح للمعادلة الموصوفة، إزالة الناتج، أو منتجات الميثانول والماء، إذا أمكن، من التوازن بين مواد البداية والمنتجات. عن طريق إزالة المنتجات، يتم اضطراب التوازن السائد، ونتيجة لذلك يسعى النظام جاهداً لتحقيق حالة التوازن مرة أخرى ويتم تشكيل المنتجات النهائية.

20

25

يتم نقل المنتجات بشكل مفيد بعيداً عن طريق مادة ماصة، على سبيل المثال بواسطة سائل أيوني. هذه المادة الماصة، التي تتدفق باستمرار من خلال إدارة عملية مناسبة، محملة بشكل مستمر بالمنتجات التي تم تشكيلها وتفرغها من منطقة التفاعل. وبالتالي فإن المادة الماصة 10 في نظام المفاعل 2 لها ضغط العملية السائد p1، حيث يكون ضغط العملية المفيد p1 في التفاعل الموصوف

30

حوالي 80 بار. ومع ذلك، بالإضافة إلى منتجات الميثانول والماء الموصوفة بالفعل، فإن آثار المواد الأولية، أي ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين، تذوب أيضًا بطريقة غير مرغوب فيها في المادة الماصة 10. وكلاهما من المواد المفيدة في شكل نقي. على الرغم من أن محلول مواد البدء في المادة الماصة يقع فقط بين 2% و 5%، اعتمادًا على إدارة العملية في النطاق المستمر، فإن هذا الجزء من مواد البدء كثيفة التكلفة المقدمة يُفقد إذا لم تتم إعادتها إلى العملية مرة أخرى. لذلك، في الطريقة الموصوفة بشكل إضافي، يتم توفير إمكانية تغذية مواد البدء هذه 4 مذابة بشكل غير مرغوب فيه في المادة الماصة 10 إلى نظام المفاعل مرة أخرى بنفقات طاقة منخفضة نسبيًا، وبالتالي إعادة تدويرها.

10 يتم تفريغ المادة الماصة 10 محملة كما هو موصوف من غرفة التفاعل 8 عبر صمام 16. إذا كان هناك حزمة مفاعل 14، كما هو موضح في الشكل 1، يتم تفريغ المادة الماصة المحملة 10 من كل غرفة تفاعل فردية 8 من حزمة المفاعل 14 عبر الصمام المقابل 16 ويتم توجيهه اختياريًا عبر خط مشترك إلى غرفة الضغط 18، حيث يمكن ترتيب الصمامات 16 الأخرى في هذا المسار. في غرفة الضغط 18، يتم تخفيف الضغط  $p1$  للامتصاص، والذي يتم توفيره في الحالة المحملة بالرقم المرجعي 10، أي أن الضغط  $p1$  ينخفض إلى ضغط  $p2$ . اعتمادًا على حالة الحمل وإدارة العملية، يكون الضغط  $p2$  أقل بكثير من الضغط  $p1$ . إذا كان الضغط  $p1$  في منطقة 80 بار تقريبًا، فإن الضغط  $p2$  يكون أقرب إلى الضغط الجوي بين 1 بار و 5 بار، ولا يزيد عمومًا عن 10 بار. نتيجة لتخفيف ضغط المادة الماصة 10، فإنه يفقد القدرة على امتصاص المنتجات والمواد الأولية، والتي تذوب بالتالي خارج المادة الماصة 10 وتهرب في شكل غازي. يتم تبريد المادة الماصة 10 التي تم تفريغها اختياريًا في جهاز تبادل حراري أو جهاز تبريد 22، ويتم تطبيق الضغط عليه مرة أخرى بواسطة مضخة 24. يُشار إلى هذا الضغط  $p3$ ، حيث يكون  $p3$  أعلى من  $p2$ ، وكما سيتم توضيحه، يجب أن يكون أعلى من  $p1$  في هذا النموذج. بالنسبة للضغط  $p3$ ، يتم اختيار الضغط الذي يقع في منطقة 100 بار اختياريًا.

25 في خطوة عملية متوازية، يتم تبريد المنتج 6 الذي هرب في شكل غاز، والذي يوجد في صورة غازية لا يزال مختلطًا مع مادة البداية 4 أيضًا من المادة الماصة 10، في جهاز تكثيف 20، حيث مواد الماء والميثانول، والتي تشكل في هذه الحالة المنتجات 6، تتكثف في جهاز التبريد. مواد البدء 4، أي ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين، لا تتكثف في أجهزة التكثيف التقليدية وتبقى في المرحلة الغازية. هذه طريقة فصل مناسبة لفصل مواد البداية غير المرغوب فيها الموجودة والمنتجات 6 ذات القيمة.



في حالة عدم وجود محاولة لجعل عملية الإنتاج فعالة من حيث التكلفة قدر الإمكان، يمكن بعد ذلك تفريغ المواد الأولية 4 في البيئة، ولكن سيكون من الممكن أيضاً ضغطها عن طريق ضاغط إلى حد أنها يمكن تغذيتها تحت ضغط العملية p1 إلى غرفة التفاعل 8 مرة أخرى. ومع ذلك، نظراً لأن المواد الأولية 4 المنفصلة عن جهاز التكثيف 20 عبارة عن غازات، يجب إدخال كمية كبيرة جداً من الطاقة من أجل ضغط هذه الغازات إلى ضغط حوالي 80 بار، أي الضغط p1، مرة أخرى. إن النفقات من حيث الطاقة التي ستكون مطلوبة لذلك تتوافق تقريباً، اعتماداً على مستوى سعر المواد الخام، مع القيمة التي تمتلكها المواد الخام بالفعل في أي حال، بحيث تكون أيضاً اقتصادية أو غير اقتصادية بحرية إطلاق مواد البدء 4 من جهاز التكثيف 20 في البيئة.

10 يتم توفيره في الطريقة الحالية لتزويد ما يسمى بضاغط الغاز السائل النفاث 12 إلى المادة الماصة 10، والتي لديها الآن الضغط p3. يعمل ضاغط الغاز السائل النفاث بشكل مشابه لمضخة نفثة مائية في شكل أن السائل يتم توصيله بضغط عالٍ من خلال فوهة وبالتالي يقوم بشفط الغاز عبر خط إمداد آخر. يظهر ضاغط الغاز السائل النفاث 12 بشكل تخطيطي في الشكل 3. يحتوي ضاغط الغاز هذا على ثلاث فتحات إلى حد كبير، ويشار إلى إحدى الفتحات بالرمز VF، والتي تعني معدل تدفق الحجم V للممتص 10. يحتوي جهاز الامتصاص 10 على ضغط p3 عند دخول ضاغط الغاز 12 وضغط p4 عند المخرج الذي يظهر على الجانب الأيمن. عند المخرج، يكون للممتص 10 الرقم المرجعي 10"، ومعدل تدفق الحجم يُشار إليه بالرمز V عند هذه النقطة. والضغط p4 أقل من الضغط p3. من خلال الفتحة الثالثة، الغاز مع معدل تدفق الحجم VG (G للغاز) تحت ضغط pG في ضاغط الغاز 12. يحتوي هذا الغاز أو يتكون بشكل كبير من مواد البدء المنفصلة 4. الضغط pG ليس أعلى بكثير من الضغط الجوي، مما يؤدي إلى تقليل الضغط p3 إلى الضغط p4 عندما يتم خلط الغاز في شكل مواد البدء 4 مع المادة الماصة 10 في ضاغط الغاز 12.

عندئذ يكون الضغط p4، كما ذكرنا سابقاً، أقل بالمقابل من الضغط p3، حيث يتم تصميم النظام بالمقابل بحيث يكون الضغط p4 قريباً من الضغط p1، بحيث يمكن للامتصاص 10 "المحمل بمواد البدء إن أمكن تغذى في غرفة التفاعل 8 تحت الضغط p1 مرة أخرى دون تصحيح الضغط المعقد.

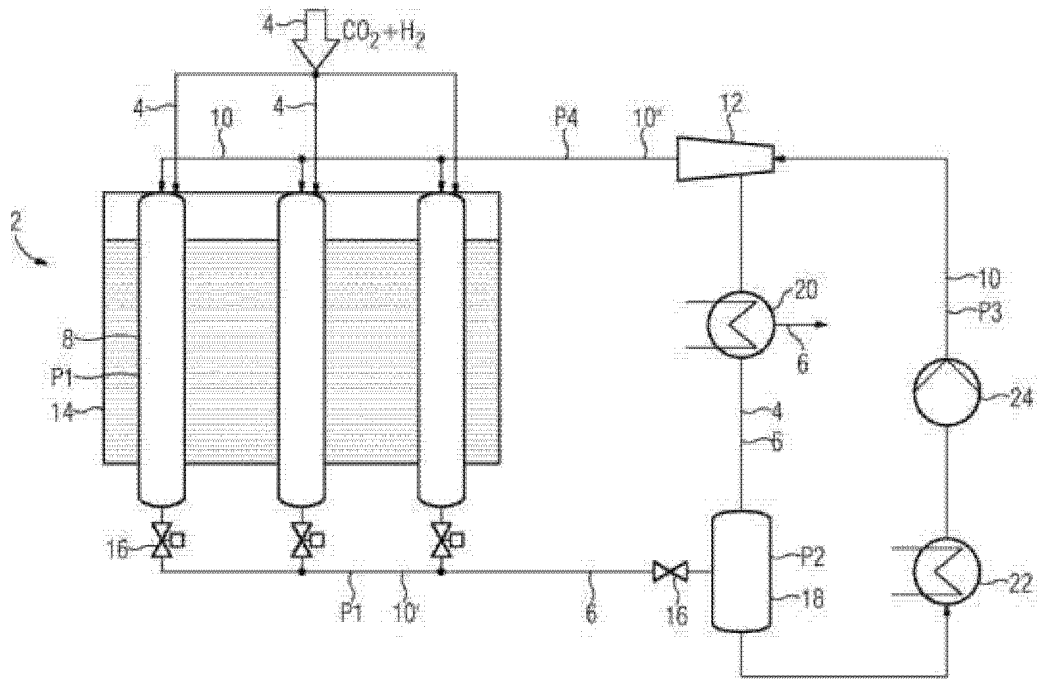
30 ميزة الطريقة الموصوفة هي أن مادة البدء المفرغة 4 أو مواد البدء 4 موجودة في شكل غازي، وتحت ضغط pG، الذي يقع بالقرب من الضغط الجوي، لا يتطلب عملاً كبيراً ويمكن خلطه مع المادة الماصة 10 مرة أخرى. وبالتالي، فإن مدخلات الطاقة الملموسة لغاز مادة البداية 4 ليست ضرورية.

- مطلوب فقط إدخال طاقة لزيادة المادة الماصة 10 إلى ضغط  $p_3$ ، وهو أعلى قليلاً من ضغط العملية  $p_1$ . وفقاً لذلك، يتكون الإنفاق الإضافي للطاقة فقط من تطبيق فرق الضغط  $p$  بين  $p_3$  و  $p_4$  ( $\Delta p = p_3 - p_4$ ). نظراً لأن المادة الماصة 10 عبارة عن سائل، فإن مدخلات الطاقة لفرق الضغط بين، على سبيل المثال، 80 بار و 90 بار أو 100 بار صغيرة نسبياً. مدخلات الطاقة في المادة الماصة 10 لإنتاج  $p$  أصغر بكثير على الأقل من مدخلات الطاقة التي ستكون ضرورية لزيادة مادة البداية 4 في شكل غازي من الضغط الجوي إلى الضغط  $p_1$ . إن نفقات الطاقة الموفرة هذه هي في النهاية المساهمة التي تسمح للنظام بأن يصبح أكثر اقتصاداً مقارنة بالفن السابق.
- إذا تم تقليل فرق الضغط بين  $p_3$  و  $p_4$  في ضاغط الغاز السائل النفاث 12، فيمكن تصميم ضاغط الغاز 12 بشكل أكثر بساطة، مما يعني أيضاً توفير التكلفة. بمعنى آخر، يؤدي أصغر  $\Delta p$  إلى شكل أكثر فائدة لضاغط الغاز 12. وينتج عن هذا الشكل الموضح وفقاً للشكل 2. وهذا يتمثل في خفض الضغط  $p_1$  للامتصاص 10 أو 10 'تدرجياً، تدرجياً عبر واحد أو المزيد من الشلالات للضغط  $p_2$ . تقع هذه الضغوط المتوسطة، التي تتطلب كل منها غرفة ضغط منفصلة 18 أو 118 و 218 و 318 و 418، بين  $p_1$  و  $p_2$ ، ويشار إلى هذه الضغوط الوسيطة  $p_{11}$  و  $p_{12}$  و  $p_{13}$  و  $p_{14}$ . يكون انخفاض الضغط بين غرف الضغط 18 أو 118 أو 218 وما إلى ذلك مفيداً تقريباً 5 بار، بحيث يتم تفريغ جزء من المنتجات 6 أو أيضاً من مواد البدء 4 من المادة الماصة 10 'في كل غرفة ضغط 18، 118، 218، إلخ. لا يحدث التفريغ الكامل للمادة الماصة 10 في أي من غرف الضغط 18 المذكورة، بل مجرد تفريغ جزئي. فقط في غرفة الضغط الأخيرة، وفقاً لهذه التسمية 418، يتم خفض المادة الماصة 10 'إلى الضغط النهائي وضغط التخفيف  $p_2$  وتفريغها تماماً هناك.
- خطوات العملية الموصوفة بالفعل لتكثيف المنتجات 6 في جهاز تكثيف 20 وتغذية مواد البدء غير المكثفة 4 في ضاغط الغاز السائل النفاث الخاص تتم بطريقة مماثلة، كما هو موضح سابقاً في الشكل 1. من حيث المبدأ، أكثر فردية في المقابل المكونات مطلوبة في هذا الترتيب المتتالي أكثر من التمثيل وفقاً للشكل 1، ولكن من ناحية أخرى، يمكن تكوين ضاغط الغاز السائل النفاث 12 والمضخة 24 بشكل أكثر فائدة من ضاغط الغاز 12 والمضخة 24 وفقاً إلى الشكل 1. تعتمد الطريقة الأكثر اقتصاداً في النهاية إلى حد كبير جداً على إدارة العملية وعلى التكاليف الفردية لمكونات العملية الفردية.

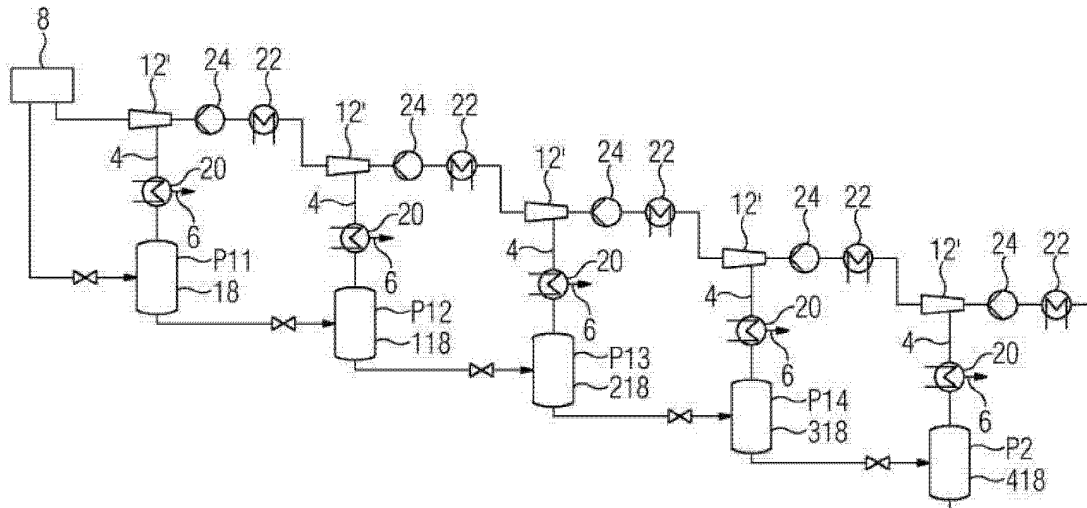
2	نظام المفاعل	
4	مواد البدء	
6	منتجات	
8	غرفة تفاعل	
10	ماصة	5
10	'ماصة لادن	
10	"ماصة	
12	ضاغط نفاث للسائل	
14	حزمة مفاعل	
16	صمامات	10
18	غرفة ضغط	
118، 218، 318، 418		
20	وسيلة التكتيف	
22	جهاز تبريد	
24	مضخة	15
$V_F$	مدخل امتصاص لمعدل حجم تدفق	
$V_G$	غازات معدل حجم تدفق	
$V$	خليط معدل تدفق حجم	
p1	ضغط	
p2	ضغط	20
p3	ضغط	
p4	ضغط	
P11	ضغط	

### عناصر الحماية

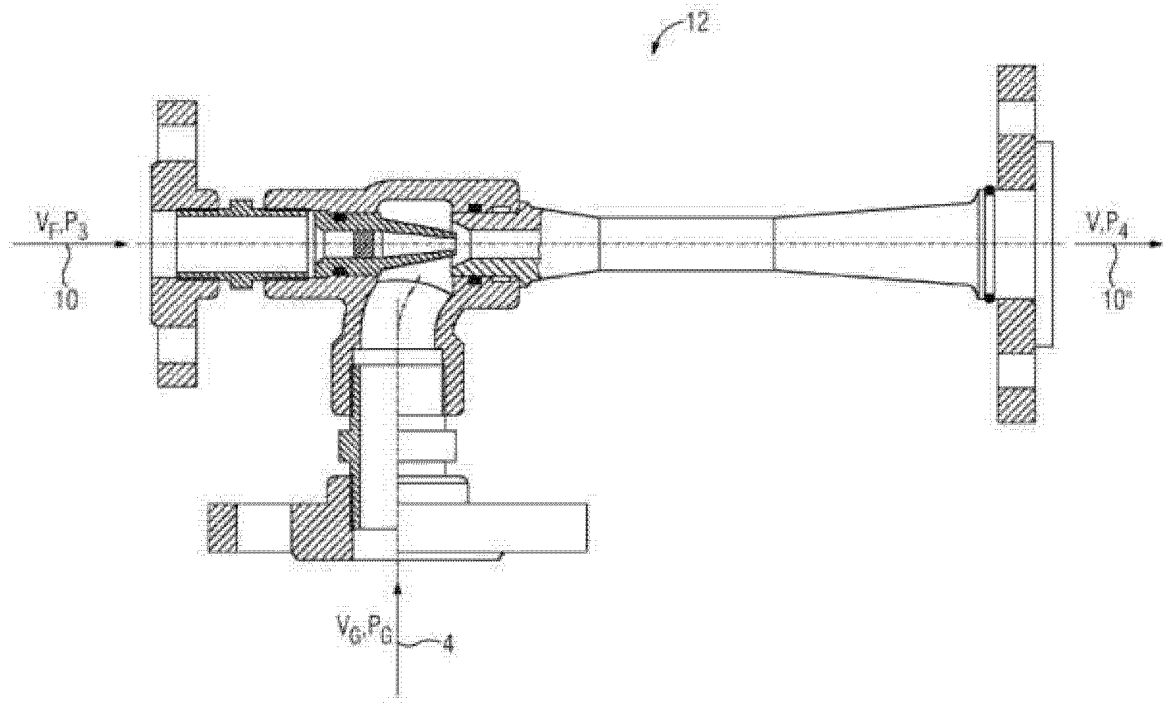
1. طريقة تشغيل نظام مفاعل (2) لإجراء تفاعلات محدودة التوازن، تشتمل على الخطوات التالية:  
- تحويل مواد البدء (4) إلى منتج (6) في غرفة تفاعل (8) تحت ضغط  $p_1$ ، حيث يتم تحميل مادة ماصة (10) بالمنتج (6) وبالتالي تمتص أيضاً مواد البدء (4)،  
5 (أ) تفريغ المادة الماصة المحملة (10) من غرفة التفاعل (8)، و  
ب) خفض ضغط المادة الماصة (10) إلى ضغط  $p_2$ ، حيث يكون الضغط  $p_2$  أقل من الضغط  $p_1$ ،  
وحيث يتم تفريغ المنتج (6) ومواد البدء (4) في حالة غازية من السائل الماص (10) و  
ج) يتم فصل المنتجات الغازية (6) عن مواد البدء الغازية (4) بالتكثيف،  
10 د) بينما يتم تطبيق ضغط  $p_3$  على السائل الماص (10)، يكون الضغط  $p_3$  أعلى من الضغط  $p_1$ ،  
و  
هـ) يتم توصيل مادة الامتصاص السائلة (10) تحت ضغط  $p_3$  في ضاغط الغاز السائل النفث  
(12)، حيث يتم فصل مواد البداية الغازية (4) عن المنتجات (6) ويتم شفطها وتدويرها في السائل  
الماص (10) و  
15 و) الدخول بعد ذلك في غرفة التفاعل (8) تحت ضغط  $p_4$ ، وهو أقل من الضغط  $p_3$ .
2. الطريقة وفقاً لعنصر الحماية 1، تتميز بخفض ضغط المادة الماصة (10) من الضغط  $p_1$  إلى  
الضغط  $p_2$  عبر مرحلة الضغط  $p_{11}$  وخطوات الطريقة ج) و هـ) يتم تنفيذها أيضاً بشكل مماثل  
للضغط  $p_{11}$ .  
20
3. الطريقة وفقاً لعنصر الحماية 1 أو 2، تتميز بأن الضغط  $p_1$  يقع بين 20 بار و 250 بار.
4. طريقة وفقاً لأحد عناصر الحماية السابقة، تتميز بأن الضغط  $p_2$  يقع بين 1 بار و 50 بار.
5. طريقة وفقاً لأحد عناصر الحماية 2 إلى 4، تتميز بأن الضغط  $p_{11}$  بين 3 بار و 10 بار أقل  
25 من الضغط  $p_1$ .



شكل 1



شكل 2



شكل 3

**RAPPORT DE RECHERCHE  
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**  
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la  
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée  
par la loi 23-13)

<b>Renseignements relatifs à la demande</b>	
N° de la demande : 51535	Date de dépôt : 08/04/2019
Déposant : SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT	Date d'entrée en phase nationale : 16/10/2020
	Date de priorité: 20/04/2018
Intitulé de l'invention : PROCÉDÉ DE FONCTIONNEMENT D'UN SYSTÈME DE RÉACTEUR	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site <a href="http://worldwide.espacenet.com">http://worldwide.espacenet.com</a> , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport	
<input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté	
<input type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention	
<input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
Examineur: Abdelfettah EL KADIRI	Date d'établissement du rapport : 15/03/2021
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	



**Partie 1 : Considérations générales****Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description  
9 Pages
- Revendications  
5
- Planches de dessin  
3 Pages

**Partie 2 : Rapport de recherche**

Classement de l'objet de la demande :

CIB : B 01D 53/14(2006.01), B 01J 12/00(2006.01), C 07C 29/151(2006.01)

CPC : B01D 2257/704 B01D 53/14 B01D 53/1418 B01D 53/1425 B01J 19/26 B01J 4/002

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI, ScienceDirect, IEEE, ORBIT

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
A	<b>DE 102015202680 A1 (FRIEDRICH-ALEXANDER-UNIVERSITY ERLANGEN-NUREMBERG [DE]; SIEMENS AG [DE] 18 août 2016 (18/08/2016)</b> Paragraphes [0018] - [0024]; Figures 1-2	1-5
A	<b>WO 2016128188 A1 (SIEMENS AG [DE]) 18 août 2016 (2016-08-18)</b> Page 4, ligne 30 - page 8, ligne 10; Exemple 1	1-5
A	<b>WO 9527690 A1 (SCHERRER INST PAUL [CH]; STRUIS RUUD [CH]; STUCKI SAMUEL [CH]; WIEDORN) 19 octobre 1995 (19/10/1995)</b> Abrégé; Figures 1 à 3	1-5
A	<b>EP 0430699 A2 (CSIR [ZA]) 5 juin 1991 (05/06/1991)</b> Page 4, lignes 45-58; Revendication 4; Figure 5	1-5
A	<b>DE 102015215662 A1 (FRIEDRICH-ALEXANDER-UNIVERSITY ERLANGEN-NUREMBERG [DE]; SIEMENS AG [DE] 23 février 2017 (23/02/2017)</b> Paragraphe [0024]; figure 3	1-5
A	<b>WO 2017162512 A1 (SIEMENS AG [DE]) 28 septembre 2017 (28/09/2017)</b> Page 4, ligne 27 - page 8, ligne 20; Exemple 1	1-5

**\*Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément  
-« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier  
-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent  
-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs  
-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

**Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité****Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté	Revendications 1-5 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive	Revendications 1-5 Revendications aucune	Oui Non
Application Industrielle	Revendications 1-5 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : DE 102015202680 A1

**1. Nouveauté**

Aucun document ne divulgue les mêmes caractéristiques techniques contenues dans les revendications 1-5, par conséquent, l'objet des revendications 1-5 est nouveau conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

**2. Activité inventive**

Le document D1 est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1 et divulgue un procédé d'exploitation d'une installation à réacteur 20 dans lequel des réactions à équilibre limité sont mises en œuvre, comprenant les étapes suivantes (revendication 1, figures 1 et 2, paragraphes 21, 22 et 26):

- la conversion des matières de départ 2 en un produit 6 dans une chambre de réaction 4 sous une pression p1, dans laquelle un fluide porteur (absorbant) absorbe les matières de départ 2 (paragraphe 21),
- évacuer le produit de synthèse 6 et une matière de départ de synthèse 8 n'ayant pas réagi de la chambre de réaction 4 (paragraphe 21),
- séparer le produit de synthèse 6 de la matière de départ de synthèse 8 n'ayant pas réagi (paragraphe 29) et
- introduire le matériau de départ de synthèse 2 n'ayant pas réagi dans une seconde chambre de réaction 10, dans laquelle règne une pression p2 inférieure à la pression p1. Le produit 6 et les matières premières 8 sont séparés sous forme gazeuse du liquide porteur 16 (paragraphe 26).
- les produits gazeux 6 peuvent être séparés par condensation 22 des matières de départ gazeuses 8 (paragraphe 29),
- le liquide porteur du liquide 17 est renvoyé dans la chambre du réacteur 4. Le retour peut être effectué sous l'effet de la gravité et sans l'utilisation d'une pompe (paragraphe 28).

Le gaz réactif restant à la dernière étape de réaction contient des gaz étrangers et inertes et

il peut être soutiré comme gaz de purge 26. Alternativement, ce gaz peut éventuellement être renvoyé à l'entrée de réaction au niveau du dispositif d'alimentation 3 après que le traitement a été effectué (paragraphe 22).

Ainsi, l'objet de la revendication 1 diffère de cette méthode connue en ce que:

- l'absorbant est chargé avec le produit 6,
- une pression  $p_3$  est appliquée sur l'absorbant de liquide, la pression  $p_3$  étant supérieure à la pression  $p_1$ ; et
- l'absorbant de liquide est conduit à la pression  $p_3$  dans un compresseur de gaz à jet de liquide dans lequel les matières de départ gazeuses séparées des produits sont aspirées et dissoutes dans l'absorbant de liquide; et
- puis introduit à la pression  $p_4$ , inférieure à la pression  $p_3$ , dans la chambre de réaction.

L'effet technique est qu'avec une dépense énergétique relativement faible, les produits de départ sont réintroduits dans l'absorbant, l'absorbant est chargé avec les produits de départ de telle sorte qu'il y a une saturation et l'absorbant ne peut pas absorber d'autres produits de départ au cours du processus suivant. Les produits de départ qui sont déjà chargés dans l'absorbant y sont présents de préférence sous une forme saturée et ils sont, dans une étape de procédé économe en énergie après le déchargement, renvoyés dans l'absorbant jusqu'à un degré de saturation.

Le document D1 résout le même problème (paragraphe 3).

Le problème Technique objectif peut être considéré comme celui de proposer un procédé alternatif d'économie d'énergie pour mettre en œuvre des réactions à équilibre limité.

La solution à ce problème, telle que proposée dans la revendication 1 de la présente invention, implique une activité inventive, pour les raisons suivantes: l'état de la technique ne contient aucune suggestion à l'homme du métier de conduire l'absorbant liquide à la pression  $p_3$  dans un compresseur de gaz à jet de liquide dans lequel les matières de départ gazeuses séparées des produits sont aspirées et dissoutes dans l'absorbant liquide.

En l'absence de telles suggestions, l'objet de la revendication 1 ne peut être suggéré par D1.

Par conséquent, l'objet des revendications 1-5 implique une activité inventive conformément à l'article 28 de la 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

### **3. Application industrielle**

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.