

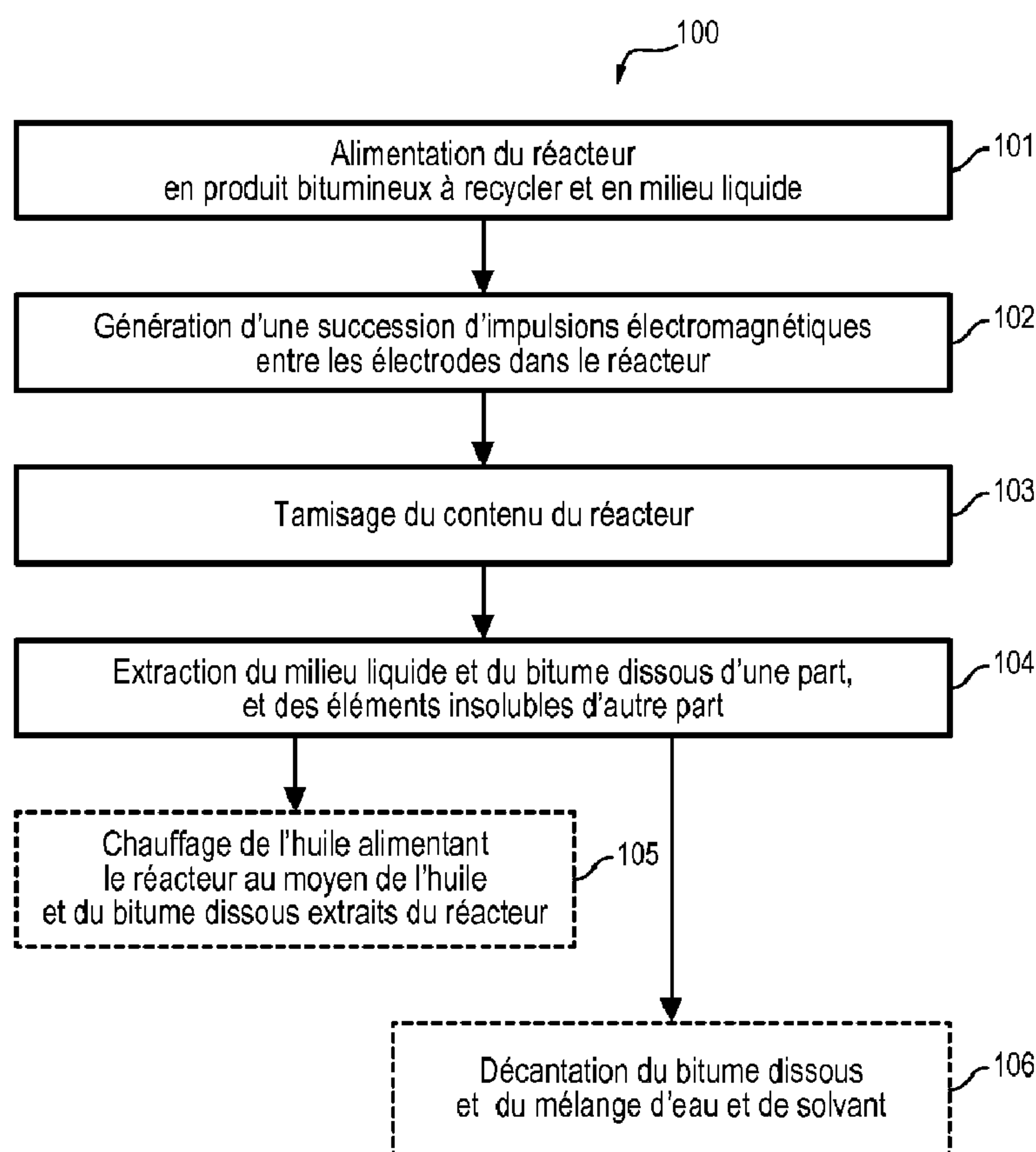


(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2016/02/12
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2016/08/18
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2017/07/13
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: EP 2016/053030
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2016/128554
(30) Priorité/Priority: 2015/02/13 (FR1551187)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *C08J 11/08* (2006.01),
B01J 19/08 (2006.01), *C08L 95/00* (2006.01),
C10G 1/04 (2006.01), *C10G 32/02* (2006.01),
E01C 19/10 (2006.01), *E01C 23/06* (2006.01)
(71) Demandeurs/Applicants:
CAMILLE COMPAGNIE D'ASSISTANCE MINIERE ET
INDUSTRIELLE, FR;
SOPREMA, FR
(72) Inventeurs/Inventors:
BENTAJ, ABDELAZIZ, FR;
BINDSCHEDLER, PIERRE-ETIENNE, FR;
PERRIN, REMI, FR;
ARNAULT, AUDREY, FR;

(54) Titre : PROCEDE DE VALORISATION ET/OU DE RECYCLAGE D'UN PRODUIT BITUMINEUX
(54) Title: METHOD FOR RECOVERING AND/OR RECYCLING A BITUMINOUS PRODUCT

FIG. 2



(57) Abrégé/Abstract:

L'invention concerne un procédé (100) de valorisation et/ ou recyclage d'un produit bitumineux par puissance puisée, le produit bitumineux comprenant du bitume et des éléments à séparer, dans lequel : - on alimente (101) un réacteur (11) à l'intérieur duquel

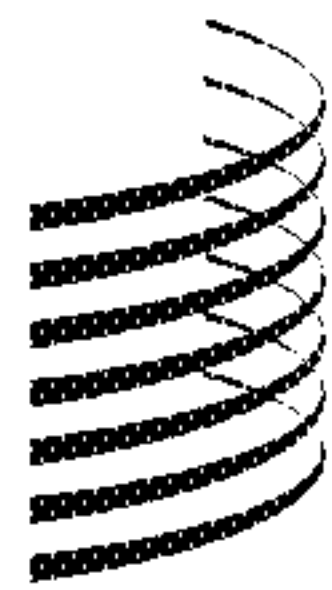
(72) Inventeurs(suite)/Inventors(continued): BENTAJ, MORAD, FR; DEMARET, GAUTHIER, FR

(74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):

s'étendent au moins deux électrodes (13) avec le produit bitumineux et un milieu liquide dont au moins un composant liquide présente des paramètres de solubilité de Hansen δ_h , δ_p et δ_d tels que le bitume présente au moins une solubilité partielle dans le milieu liquide, les éléments à séparer étant insolubles, - on génère (102) une succession d'impulsions électromagnétiques entre les électrodes (13) dans le réacteur (11) de sorte à produire, du fait de la puissance, de la fréquence et du temps de commutation des impulsions électromagnétiques, au moins une onde de choc et au moins un rayonnement ultraviolet, de sorte à disperser et à dissoudre le bitume dans le milieu liquide, et à séparer le bitume et les éléments insolubles, le milieu liquide empêchant le bitume de se reconstituer.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
18 août 2016 (18.08.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/128554 A1

(51) Classification internationale des brevets :

C08J 3/28 (2006.01) *B01J 19/08* (2006.01)
C10G 32/02 (2006.01) *E01C 19/10* (2006.01)
C10G 1/04 (2006.01) *E01C 23/06* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2016/053030

(22) Date de dépôt international :

12 février 2016 (12.02.2016)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1551187 13 février 2015 (13.02.2015)

FR

(71) **Déposants** : **CAMILLE COMPAGNIE D'ASSIS-**
TANCE MINIERE ET INDUSTRIELLE [FR/FR]; 1 rue
du Rapporteur, 95310 Saint Ouen l'Aumone (FR). **SO-**
PREMA [FR/FR]; 14 Rue de Saint Nazaire, 67100 Stras-
bourg (FR).

(72) **Inventeurs** : **BENTAJ, Abdelaziz**; c/o Camille Compa-
gnie d'Assistance Minière et Industrielle, 1 rue du Rappor-
teur, 95310 Saint Ouen l'Aumone (FR). **BINDSCHED-**
LER, Pierre-Etienne; c/o Soprema, 14 Rue de Saint Na-
zaire, 67100 Strasbourg (FR). **PERRIN, Rémi**; c/o Sopre-
ma, 14 Rue de Saint Nazaire, 67100 Strasbourg (FR). **AR-**
NAULT, Audrey; c/o Soprema, 14 Rue de Saint Nazaire,
67100 Strasbourg (FR). **BENTAJ, Morad**; c/o Camille
Compagnie d'Assistance Minière et Industrielle, 1 rue du
Rapporteur, 95310 Saint Ouen l'Aumone (FR). **DEMA-**
RET, Gauthier; c/o Camille Compagnie d'Assistance Mi-
nière et Industrielle, 1 rue du Rapporteur, 95310 Saint
Ouen l'Aumone (FR).

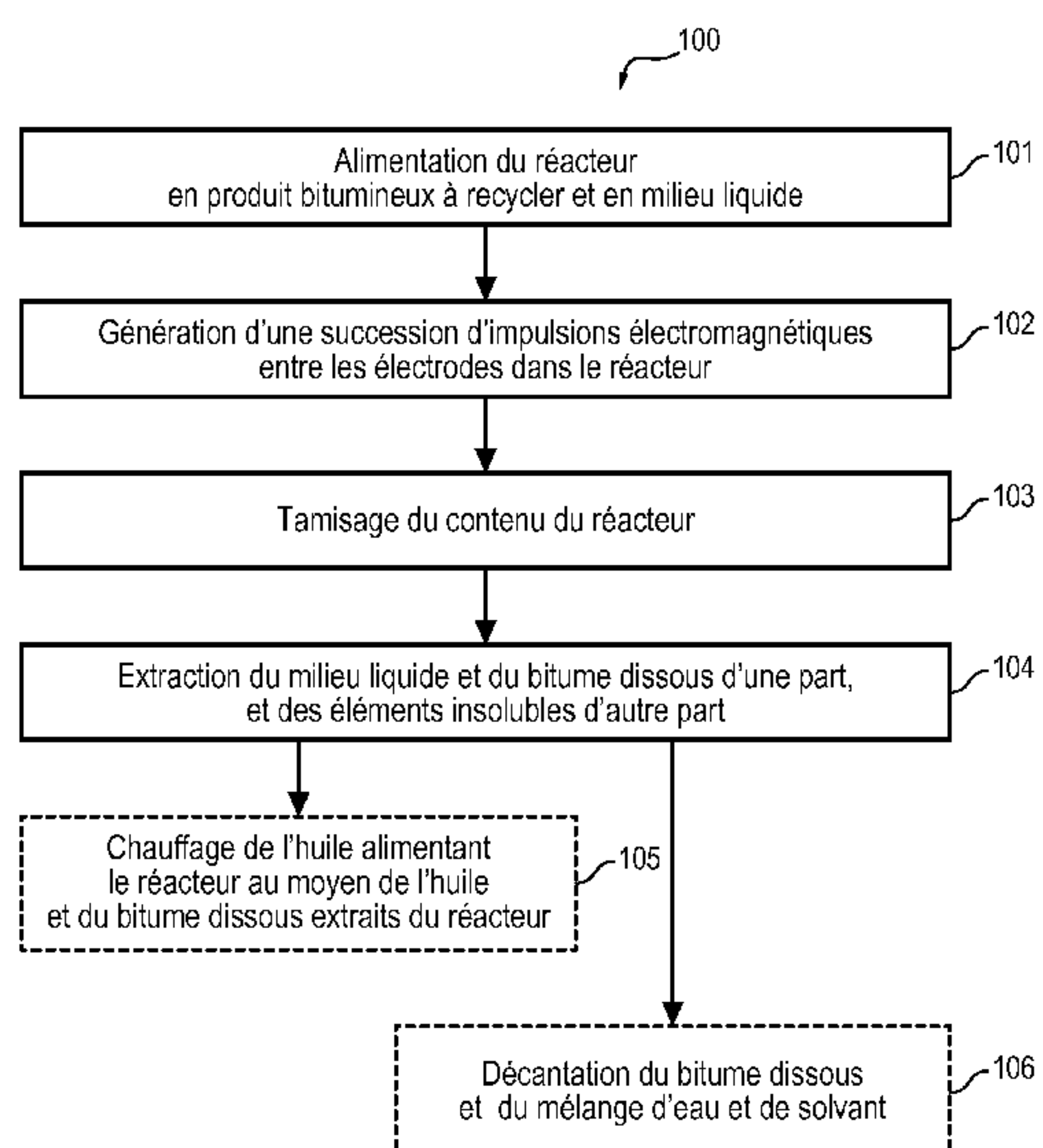
(74) **Mandataire** : **REGIMBEAU**; 20, rue de Chazelles, 75847
Paris Cedex 17 (FR).

(81) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

[Suite sur la page suivante]

(54) **Title** : METHOD FOR RECOVERING AND/OR RECYCLING A BITUMINOUS PRODUCT(54) **Titre** : PROCEDE DE VALORISATION ET/OU DE RECYCLAGE D'UN PRODUIT BITUMINEUX

FIG. 2



(57) **Abstract** : The invention concerns a method (100) for recovering and/or recycling a bituminous product by means of pulsed power, the bituminous product comprising bitumen and elements to be separated, involving the following steps: - supplying (101) a reactor (11) inside which at least two electrodes (13) extend with the bituminous product and a liquid medium of which at least one liquid component has Hansen solubility parameters $\delta\eta$, $\delta\rho$ and δd such that the bitumen is at least partially soluble in the liquid medium, the elements to be separated being insoluble, - generating (102) a series of electromagnetic pulses between the electrodes (13) in the reactor (11) so as to produce, as a result of the power, the frequency and the switching time of the electromagnetic pulses, at least one shock wave and at least ultraviolet radiation, in such a way as to disperse and dissolve the bitumen in the liquid medium, and to separate the bitumen and the insoluble elements, the liquid medium preventing the reconstitution of the bitumen.

(57) **Abrégé** : L'invention concerne un procédé (100) de valorisation et/ ou recyclage d'un produit bitumineux par puissance pulsée, le produit bitumineux comprenant du bitume et des éléments à séparer, dans lequel : - on alimente (101) un réacteur (11) à l'intérieur duquel s'étendent au moins deux électrodes (13) avec le produit bitumineux et un milieu liquide

[Suite sur la page suivante]

- 101 Supplying the reactor with bituminous product to be recycled and with liquid medium
102 Generating a series of electromagnetic pulses between the electrodes in the reactor
103 Screening the content of the reactor
104 Extracting the liquid medium and the dissolved bitumen, and the insoluble elements
105 Heating the oil supplying the reactor by means of the oil and the dissolved bitumen extracted from the reactor
106 Decanting the dissolved bitumen and the mixture of water and solvent

WO 2016/128554 A1

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,

DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)*

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

dont au moins un composant liquide présente des paramètres de solubilité de Hansen δ_H , δ_P et δ_D tels que le bitume présente au moins une solubilité partielle dans le milieu liquide, les éléments à séparer étant insolubles, - on génère (102) une succession d'impulsions électromagnétiques entre les électrodes (13) dans le réacteur (11) de sorte à produire, du fait de la puissance, de la fréquence et du temps de commutation des impulsions électromagnétiques, au moins une onde de choc et au moins un rayonnement ultraviolet, de sorte à disperser et à dissoudre le bitume dans le milieu liquide, et à séparer le bitume et les éléments insolubles, le milieu liquide empêchant le bitume de se reconstituer.

PROCEDE DE VALORISATION ET/OU DE RECYCLAGE D'UN PRODUIT BITUMINEUX

DOMAINE DE L'INVENTION

- 5 La présente invention concerne le recyclage et/ou la valorisation des produits bitumineux comprenant du bitume et des éléments à séparer, tels que des fibres de verre, des charges minérales et/ou des granulats.

ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE

- 10 Le bitume est une matrice complexe, issue d'une double distillation du pétrole brut, et essentiellement composée d'hydrocarbures aromatiques, naphténiques ou aliphatiques. Très visqueux voire solide à température ambiante, il se fluidifie et s'écoule tel un liquide newtonien dès que sa température atteint une centaine de degrés. La caractérisation physico-chimique du bitume n'est pas
15 chose aisée : la dissolution dans un hydrocarbure adapté (l'heptane par exemple), permet de le séparer en deux grandes familles que sont les maltènes et les asphaltènes. Ces derniers constituent la partie solide, polaire et de très haut poids moléculaire du bitume, lui apportant ainsi un certain nombre de propriétés particulières.

- 20 De par ses différentes propriétés, notamment ses propriétés d'adhésion à la majorité des supports usuels, d'étanchéité, de stabilité, d'isolation thermique et diélectrique, d'élasticité, le bitume est utilisé dans de nombreux domaines et notamment dans le domaine du bâtiment et des travaux publics (BTP) pour les revêtements routiers et les membranes d'étanchéité.

- 25 Pour renforcer ses propriétés, faciliter sa manipulation et pour en augmenter la qualité, des recherches ont été menées pour modifier le bitume et ainsi former un bitume modifié ou un liant bitumineux.

- Parmi les modifications qui se sont imposées au fil du temps, l'incorporation de polymères dans le bitume a été la plus significative (bitume modifié). Qu'il
30 s'agisse de plastomères, tels que le polyéthylène ou le polypropylène, ou

d'élastomères thermoplastiques, tels que le styrène-butadiène-styrène ou le styrène-isoprène-styrène, ces polymères apportent au bitume une meilleure élasticité, notamment une diminution de la susceptibilité thermique qui se traduit par une meilleure résistance au craquement à basses températures, une plus
5 grande rigidité à hautes températures, et une meilleure résistance à la fatigue.

Malgré les avantages apportés par l'incorporation de polymère dans le bitume, ces derniers induisent de nouvelles problématiques telles que le coût de production du liant bitumineux ainsi que la grande sensibilité à la température et/ou aux rayonnements ultraviolets de certains polymères.

10 Le bitume ou le bitume modifié peut aussi être additivé de charges minérales, par exemple des charges calcaires, ou des silicates, qui peuvent être ignifugeantes ou non, d'additifs divers en fonction des propriétés souhaitées du produit final, et être renforcé par une trame comprenant des fibres de verre et/ou de polyester (dans ce cas on parle de membrane d'étanchéité), de sorte à former
15 le liant bitumineux. Certaines membranes sont recouvertes d'autres produits minéraux tels que du sable, ou des ardoises, ayant pour objectif, entre autres, de protéger le liant bitumineux des rayonnements ultraviolets. Nous parlerons par la suite d'« éléments solubles » pour désigner les polymères et les additifs, tandis que nous qualifierons d'« éléments insolubles » les charges minérales et les
20 éléments de protection aux rayons ultraviolets, ainsi que les différentes fibres.

Tous ces éléments tendent à rendre les produits à base de bitume complexes et sources de problématiques techniques, économiques et environnementales quant à leurs recyclages et valorisations.

Plusieurs procédés de recyclage des produits bitumineux sont connus de
25 l'état de la technique.

Il est par exemple connu de recycler les produits bitumineux par solvolysé. Pour cela, le produit bitumineux est mélangé à un solvant adapté pour la dissolution du bitume, de sorte à séparer le bitume, et le cas échéant les éléments solubles, des éléments insolubles également compris dans le produit bitumineux.

Cependant, un tel procédé de recyclage est également très contraignant dans la mesure où la dissolution du bitume est lente, plusieurs heures sont nécessaires, et ne permet donc pas d'assurer un rendement suffisant.

Il est également connu de recycler les produits bitumineux par traitement thermique. Pour cela, le produit bitumineux est chauffé de sorte à séparer le bitume des éléments non fusibles du produit bitumineux tels que les charges.

Par ailleurs, dans ces deux cas, il est nécessaire d'opérer au préalable un broyage ou une découpe du produit bitumineux à recycler, de sorte à augmenter sa surface spécifique et donc favoriser la dissolution ou la fusion du bitume. Or, un tel broyage ou une telle découpe est particulièrement compliqué à réaliser d'une part compte-tenu de la viscosité du liant bitumineux qui chauffé par l'opération de broyage vient encoller les outils et d'autre part compte-tenu des éléments insolubles qui ont pu être introduits dans le bitume pour former le produit bitumineux, notamment les fibres de verre et/ou de polyester formant la trame.

Par ailleurs, les températures élevées requises pour le traitement thermique et la présence de solvant pour la solvolysé peuvent poser des problématiques d'hygiène, de sécurité et d'environnement.

Un autre problème se rapportant à l'utilisation de liant bitumineux recyclé est dû au vieillissement que celui-ci subit durant son cycle de vie. En effet, lors du recyclage des produits bitumineux, bien que le liant bitumineux recyclé (c'est-à-dire le bitume séparé des éléments insolubles du produit bitumineux initial mais conservant les éléments solubles dudit produit bitumineux initial) soit mélangé avec du bitume vierge et de nouveaux éléments insolubles (charges minérales, etc.) et/ou de nouveaux éléments solubles (polymères, etc.), les performances du produit bitumineux obtenu à partir de ce liant bitumineux recyclé s'en trouvent néanmoins altérées.

Le mécanisme principal de vieillissement du bitume est son oxydation. En effet, le liant bitumineux vieilli a une viscosité plus élevée et est plus rigide que sa version vierge et des changements notables dans sa composition sont observés.

Ces changements peuvent notamment mener à une perte d'adhérence du produit bitumineux, ou à sa fissuration.

À cet égard, le rajeunissement du liant bitumineux peut s'avérer être une partie importante du processus de recyclage.

5 Pour cela, il est par exemple connu d'utiliser des produits de rajeunissement du bitume. Ces produits sont en général mélangés au produit bitumineux à recycler pour restaurer les caractéristiques originales du bitume oxydé (âgé) afin de le ramollir et de régénérer les matières volatiles et les huiles de dispersion tout en favorisant l'adhésion. Ils restaurent le rapport initial entre les
10 asphaltènes et les maltènes. Généralement, les produits de rajeunissement doivent être fortement aromatiques et pouvoir améliorer à la fois la sensibilité à la température et le durcissement du bitume âgé. Ils doivent être composés de manière à augmenter la puissance de peptisation de la phase maltène.

L'huile de cuisson ou de moteur recyclée, l'huile de palme, de colza, ou de
15 tournesol sont des exemples de produits de rajeunissement du bitume connus de l'homme de l'art. De tels produits de rajeunissement sont par exemple décrits dans le document d'Hallizza Asli et al, *Investigation on physical properties of waste cooking oil – Rejuvenated bitumen binder*, Construction and Building Materials 37 (2012) 398-405 portant sur l'utilisation de l'huile de cuisson comme
20 produits de rajeunissement.

Selon le grade du bitume et la proportion de l'huile de rajeunissement ajoutée (1 à 5% du volume de bitume à rajeunir), la viscosité, le point de ramollissement, de pénétrabilité, et d'éclair varient. Cependant, en mixant du bitume âgé à de l'huile de cuisson dans une proportion de 4 à 5 % du volume de
25 bitume, il est possible d'obtenir d'excellents résultats de rajeunissement.

PRESENTATION DE L'INVENTION

La présente invention a pour objectif de pallier les inconvénients cités ci-dessus en proposant un procédé de recyclage et/ou de valorisation d'un produit

bitumineux qui soit rapide, simple, peu polluant et peu consommateur en termes d'énergie.

Plus précisément, la présente invention a pour objet un procédé de recyclage d'un produit bitumineux par puissance pulsée, le produit bitumineux
5 comprenant du bitume et des éléments à séparer, dans lequel :

- on alimente un réacteur à l'intérieur duquel s'étendent au moins deux électrodes avec le produit bitumineux et un milieu liquide dont au moins un composant liquide présente des paramètres de solubilité de Hansen δ_h , δ_p et δ_d tels que le bitume présente au moins une solubilité partielle dans le
10 milieu liquide, les éléments à séparer étant quant à eux insolubles,
- on génère une succession d'impulsions électromagnétiques entre les électrodes dans le réacteur de sorte à produire, du fait de la puissance, de la fréquence et du temps de commutation des impulsions électromagnétiques, au moins une onde de choc et au moins un
15 rayonnement ultraviolet, de sorte à disperser et à dissoudre le bitume dans le milieu liquide, et à séparer le bitume et les éléments insolubles, le milieu liquide empêchant le bitume de se reconstituer.

De préférence, le ou les composants liquides du milieu liquide présentent :

- un paramètre de solubilité de Hansen δ_h inférieur ou égal à $7 \text{ MPa}^{0,5}$, de
20 préférence inférieur ou égal à $4 \text{ MPa}^{0,5}$,
- un paramètre de solubilité de Hansen δ_p inférieur ou égal à $7 \text{ MPa}^{0,5}$, de préférence inférieur ou égal à $4 \text{ MPa}^{0,5}$, et
- un paramètre de solubilité de Hansen δ_d supérieur ou égal à $15 \text{ MPa}^{0,5}$, de préférence supérieur ou égal à $17 \text{ MPa}^{0,5}$.

25 Selon un mode de réalisation de l'invention, le produit bitumineux à recycler comprend du bitume dans lequel des polymères ont été incorporés, le milieu liquide comprenant au moins un composant liquide présentant des paramètres de solubilité de Hansen δ_h , δ_p et δ_d tels que les polymères présentent au moins une solubilité partielle dans le milieu liquide, les polymères se dissolvant ainsi avec le

bitume dans le milieu liquide, lors de la génération des impulsions électromagnétiques.

Préférentiellement, on génère une succession d'impulsions électromagnétiques, ces impulsions étant émises à une fréquence comprise entre 5 Hz et 225 Hz, de préférence entre 10 Hz et 40 Hz.

Préférentiellement, on génère des impulsions électromagnétiques d'une puissance comprise entre 10^6 W et 10^{14} W.

Préférentiellement, on génère des impulsions électromagnétiques avec un temps de commutation compris entre 20 et 200 ns.

10 Préférentiellement, la succession d'impulsions électromagnétiques génère un rayonnement électromagnétique situé dans la gamme de fréquence des micro-ondes, notamment une fréquence comprise entre 300 MHz et 300 GHz.

Préférentiellement, lorsque l'on génère des impulsions électromagnétiques, une tension maximale entre les électrodes est comprise entre 20 kV et 200 kV.

15 Préférentiellement, lorsque l'on génère des impulsions électromagnétiques, une intensité de courant entre les électrodes est comprise entre 8 kA et 100 kA.

Préférentiellement, on génère des impulsions électromagnétiques d'une durée moyenne de 5 à 200 μ s.

Préférentiellement, les éléments insolubles comprennent :

- 20
- des fibres de verre et/ou de polyester, et/ou
 - des charges minérales, et/ou
 - des granulats, et/ou
 - des films plastiques, et/ou
 - des feuilles d'aluminium.

25 Préférentiellement, après séparation du bitume et des éléments insolubles, on tamise le contenu du réacteur de sorte à extraire séparément du réacteur le bitume dissous dans le milieu liquide et le milieu liquide d'une part, et les éléments insolubles d'autre part. Plus préférentiellement, on tamise le contenu du réacteur pour retenir les éléments insolubles présentant une granulométrie supérieure ou
30 égale à 300 μ m, de préférence supérieure ou égale à 150 μ m.

Selon un premier mode de réalisation de l'invention, le milieu liquide est une huile végétale, ou une huile minérale ou une huile de synthèse ou un bitume.

Préférentiellement, on alimente le réacteur en huile dans une proportion au moins supérieure à 2% en masse de produit bitumineux.

5 Préférentiellement, on alimente l'huile dans le réacteur à une température comprise entre 20°C et 200°C, de préférence entre 40°C et 120°C.

Préférentiellement, le bitume dissous et l'huile extraits du réacteur échangent de la chaleur avec l'huile qui alimente le réacteur, de sorte à chauffer ladite huile qui alimente le réacteur.

10 Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, le milieu liquide est un mélange d'eau et d'un solvant choisi parmi les solvants naphta, les solvants aromatiques et les solvants biosourcés.

Préférentiellement, le mélange d'eau et de solvant comprend au moins deux fois plus d'eau que de solvant en volume, de préférence au moins trois plus
15 d'eau que de solvant en volume.

Préférentiellement, le mélange d'eau et de solvant qui alimente le réacteur est à une température comprise entre 15°C et 27°C.

Préférentiellement, on décante le bitume dissous et le mélange d'eau et de solvant, de sorte à récupérer séparément le bitume recyclé et le mélange d'eau et
20 de solvant.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être
25 lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'un système pour la mise en œuvre d'un procédé de recyclage et/ou de valorisation d'un produit bitumineux selon un mode de réalisation de l'invention,

- la figure 2 est un ordinogramme du procédé de recyclage et/ou de valorisation d'un produit bitumineux selon un mode de réalisation de l'invention,
- la figure 3 est un chromatogramme comparatif d'un bitume modifié vierge et d'un bitume modifié recyclé selon l'invention,
- les figures 4 et 5 sont des graphiques illustrant un exemple de champ électrique produit lors de la génération de la succession d'impulsions électromagnétiques dans le réacteur du système au cours du procédé selon l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE DE MODES DE REALISATION

La figure 1 représente un système 10 pour la mise en œuvre d'un procédé 100 de recyclage et/ou de valorisation d'un produit bitumineux selon un mode de réalisation de l'invention.

On entend par « produit bitumineux », tout produit comprenant du bitume et des éléments à séparer insolubles. Ces éléments à séparer sont par exemple les suivants :

- des charges minérales, par exemple des charges calcaires ou des silicates, lesquelles peuvent être ignifugeantes, et/ou
- des fibres de verre et/ou de polyester formant par exemple une trame, la trame pouvant en outre être recouverte d'autres produits minéraux tels que du sable ou des ardoises, de sorte à protéger le produit bitumineux des rayonnements ultraviolets, et/ou
- des granulats, et/ou
- des films plastiques, et/ou
- des feuilles d'aluminium.

Le bitume du produit bitumineux peut en outre comprendre des éléments dit « solubles » tels que des pigments ou d'autres additifs, et des polymères. Le bitume du produit bitumineux peut en effet avoir été modifié, c'est-à-dire que des polymères peuvent avoir été incorporés au bitume. De tels polymères sont par

exemple des plastomères, tels que le polyéthylène ou le polypropylène, ou des élastomères thermoplastiques, tels que le styrène-butadiène-styrène ou le styrène-isoprène-styrène.

Le système 10 comprend un réacteur 11 à l'intérieur duquel est ménagée une chambre 12 configurée pour accueillir le produit bitumineux à recycler et/ou à valoriser et un milieu liquide dont au moins un composant liquide présente des paramètres de solubilité de Hansen δ_h , δ_p et δ_d tels que le bitume et le cas échéant les éléments solubles présentent au moins une solubilité partielle dans le milieu liquide. Les éléments à séparer sont quant à eux insolubles.

La théorie de Hansen est bien connue de l'homme du métier. En particulier, la définition et le calcul des paramètres de solubilité dans l'espace de solubilité tridimensionnel de Hansen sont décrits dans l'article de Charles M. Hansen, *The three dimensionnal solubility parameters*, J. Paint Technol. 39, 105 (1967). Ces paramètres sont en outre décrits dans le document *Hansen Solubility Parameters: A User's Handbook, Second Edition* de Charles M. Hansen, ISBN 9780849372483.

Les paramètres de solubilité de Hansen constituent un guide qualitatif et empirique très utilisé en milieu industriel. La méthode permet, entre autres, de prédire la compatibilité ou l'affinité entre différentes substances chimiques. Afin de tenir compte des autres forces intermoléculaires, Hansen a décomposé l'énergie de cohésion totale du système en la somme des énergies de cohésion correspondant aux modes d'interactions principaux rencontrés dans les matériaux organiques courants. Cette décomposition permet ainsi de définir les trois paramètres de solubilité : δ_d , δ_p et δ_h . Le paramètre δ_d est relatif aux forces dites de « dispersion » de London (interactions non polaires), le paramètre δ_p est lié aux forces de polarité de Keesom (entre dipôles permanents) et δ_h représente les liaisons hydrogènes et plus généralement les interactions mettant en jeu des échanges électroniques. Les forces de Debye (entre dipôles induits) sont généralement faibles en valeur absolue et sont négligées. En d'autres termes, pour que deux substances soient miscibles, il est nécessaire que leurs trois

paramètres de solubilité soient identiques ou très proches. De façon représentative, les paramètres de Hansen permettent d'accéder à un espace de solubilité tridimensionnel. L'unité des paramètres de Hansen est le $\text{MPa}^{0,5}$, soit $\sqrt{\text{MPa}}$.

- 5 De préférence, le ou les composants liquides du milieu liquide présentent un paramètre δ_h inférieur ou égal à $7 \text{ MPa}^{0,5}$, plus préférentiellement inférieur ou égal à $4 \text{ MPa}^{0,5}$, un paramètre δ_p inférieur ou égal à $7 \text{ MPa}^{0,5}$, plus préférentiellement inférieur ou égal à $4 \text{ MPa}^{0,5}$, et un paramètre δ_d supérieur ou égal à $15 \text{ MPa}^{0,5}$, plus préférentiellement supérieur ou égal à $17 \text{ MPa}^{0,5}$.
- 10 Selon un premier mode de réalisation de l'invention, le milieu liquide est une huile, notamment une huile végétale, une huile minérale ou une huile de synthèse, possiblement recyclée. Selon ce mode de réalisation, l'huile dans le réacteur 11 est par exemple à une température comprise entre 20°C et 200°C , de préférence entre 40°C et 120°C . Le milieu liquide peut également être du bitume.
- 15 Dans ce cas, c'est l'huile ou le bitume qui présente des paramètres de solubilité de Hansen δ_h , δ_p et δ_d définis de sorte que le bitume et le cas échéant les éléments solubles présentent au moins une solubilité partielle dans le milieu liquide.

- 20 Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, le milieu liquide est un mélange d'eau et d'un solvant choisi parmi les solvants naphta, les solvants aromatiques ou encore les solvants biosourcés, tels que les esters méthyliques. Dans ce cas, c'est le solvant du mélange qui présente des paramètres de solubilité de Hansen δ_h , δ_p et δ_d tels que le bitume et le cas échéant les éléments solubles présentent au moins une solubilité partielle dans le milieu liquide.

- 25 Selon ce mode de réalisation, le mélange d'eau et de solvant est à température ambiante, c'est-à-dire à une température comprise entre 15°C et 27°C .

Le réacteur 11 est muni d'une paire d'électrodes 13 s'étendant à l'intérieur de la chambre 12 du réacteur 11. La paire d'électrodes 13 est de préférence du

type pointe/plane. L'anode forme de préférence la pointe tandis que la cathode est plane. La paire d'électrode 13 est en outre reliée à un circuit de décharge comprenant un générateur 131 d'impulsions électromagnétiques. Le générateur 131 est de préférence un générateur de haute tension, par exemple un générateur de Marx. Le générateur permet ainsi de stocker l'énergie électrique sans nécessiter une forte puissance d'alimentation. Le générateur 131 est lui-même relié à une unité de commande et à un commutateur à travers lequel le générateur 131 libère l'énergie électrique dans le circuit de décharge. Le commutateur permet de délivrer l'énergie électrique ainsi stockée dans des temps très brefs (principe des puissances pulsées). Le temps de commutation correspond au temps mis par chaque impulsion électromagnétique aux bornes des électrodes 13 pour passer de 10 à 90% de sa valeur maximale de tension, lors de sa génération 102.

Le générateur 131 est configuré pour générer une succession d'impulsions électromagnétiques entre les électrodes 13 dans le réacteur 11 de sorte à produire, du fait de la puissance, de la fréquence et du temps de commutation des impulsions électromagnétiques, au moins une onde de choc et au moins un rayonnement ultraviolet, de sorte à disperser et à dissoudre le bitume dans le milieu liquide, et à séparer le bitume et les éléments insolubles, le milieu liquide empêchant le bitume de se reconstituer, autrement dit de se réagglomérer, lorsque le produit bitumineux est mélangé au milieu liquide dans la chambre 12 du réacteur 11. Les ondes de choc combinées aux rayonnements ultraviolets ont pour effet de diminuer la viscosité du liant bitumineux par micronisation et dispersion dans le milieu liquide. On comprendra que lorsque le bitume est modifié, les polymères qui y sont incorporés sont également dissous dans le milieu liquide.

De préférence, la puissance, la fréquence et le temps de commutation des impulsions électromagnétiques sont définis de sorte à générer un rayonnement électromagnétique dans la gamme de fréquences des micro-ondes, par exemple une gamme de fréquences comprise entre 300MHz et 300GHz.

De préférence, le générateur 131 est configuré pour générer des impulsions électromagnétiques d'une puissance comprise entre 10^6W et 10^{14}W .

De préférence, le générateur 131 est configuré pour générer une succession d'impulsions électromagnétiques, ces impulsions électromagnétiques étant émises à une fréquence comprise entre 5Hz et 225Hz, plus préférentiellement entre 10Hz et 40Hz.

De préférence, le générateur 131 est configuré pour générer des impulsions électromagnétiques avec un temps de commutation compris entre 20 et 200ns.

De préférence, le générateur 131 est configuré pour qu'une tension maximale entre les électrodes soit comprise entre 20kV et 200kV.

De préférence, le générateur 131 est configuré pour qu'une intensité de courant entre les électrodes soit comprise entre 8kA et 100kA.

De préférence, le générateur 131 est configuré pour qu'une durée moyenne des impulsions électromagnétiques soit de 5 à 200 μs .

Le réacteur 11 est monté pivotant relativement à un axe 14 globalement horizontal, de sorte à permettre sa rotation entre une position de recyclage (représentée en trait plein sur la figure 1) et une position de déchargement (représentée en trait pointillé sur la figure 1). Le réacteur 11 est par exemple maintenu en position de recyclage au moyen d'un vérin 15 qui peut être retiré, lorsque l'on souhaite faire basculer le réacteur 11 en position de déchargement.

Le réacteur 11 comprend une première ouverture 16 ménagée dans une partie supérieure du réacteur 11, par laquelle, dans la position de recyclage, le réacteur 11 est alimenté en produit bitumineux à recycler et en milieu liquide. Dans la position de déchargement, les éléments insolubles sont extraits du réacteur 11 par cette partie supérieure, une fois que le bitume et le cas échéant les éléments solubles du produit bitumineux ont été séparés des éléments insolubles et que le bitume dissous, le cas échéant les éléments solubles dissous, et le milieu liquide, ont été évacués du réacteur 11.

Le réacteur 11 est alimenté en produit bitumineux à recycler par l'intermédiaire d'un réservoir d'alimentation 17 dédié. Le réservoir d'alimentation

17 en produit bitumineux est placé en regard de la première ouverture 16 du réacteur 11, lorsque celui-ci est en position de recyclage. Le réservoir d'alimentation 17 en produit bitumineux est par exemple placé au-dessus de la première ouverture 16 du réacteur 11, lorsqu'il est en position de recyclage, de sorte à alimenter le réacteur 11 sous l'effet du poids du produit bitumineux. La quantité de produit bitumineux à recycler introduite dans le réacteur 11 est par exemple réglée au moyen d'une vanne 18. Le réservoir d'alimentation 17 en produit bitumineux et le cas échéant la vanne 18 sont par exemple reliés à la première ouverture 16 du réacteur via un couvercle 19 configuré pour fermer le réacteur 11, lorsqu'il est en position de recyclage.

Le réacteur 11 est en outre alimenté en milieu liquide par l'intermédiaire d'un réservoir d'alimentation 20. Le réservoir d'alimentation 20 en milieu liquide est par exemple relié au réacteur 11 par l'intermédiaire d'un conduit d'alimentation 21 débouchant sur la première ouverture 16 du réacteur, lorsque celui-ci est en position de recyclage. Le réservoir d'alimentation 20 en milieu liquide et le cas échéant le conduit d'alimentation 21 sont par exemple reliés à la première ouverture 16 du réacteur via le couvercle 19. De préférence, dans le réservoir d'alimentation 20 en milieu liquide, le milieu liquide est stocké à température ambiante, c'est-à-dire à une température comprise entre 15°C et 27°C.

Le réacteur 11 comprend en outre une deuxième ouverture 22 ménagée dans sa partie inférieure, par laquelle le milieu liquide, le bitume dissous et le cas échéant les éléments solubles sont évacués vers un réservoir de récupération 23 de bitume recyclé, par exemple au moyen d'un conduit de récupération 24.

Lorsque le milieu liquide est un mélange d'eau et de solvant, le réservoir de récupération 23 peut par exemple être adapté pour décanter le bitume dissous, le cas échéant les éléments solubles dissous et le mélange d'eau et de solvant, de sorte à séparer l'eau, le solvant et le bitume modifié sous l'effet de leur différence de densité, et récupérer notamment du liant bitumineux recyclé en surface du réservoir de récupération 23. La décantation permet en outre au liant bitumineux de retrouver sa viscosité initiale.

Le réacteur 11 est également muni d'un tamis 25 ménagé à l'intérieur de la chambre 12 et configuré pour retenir les éléments insolubles à l'intérieur de la chambre 12, une fois que le bitume et le cas échéant les éléments solubles ont été séparés des éléments insolubles. Le tamis 25 est configuré pour retenir les
5 éléments insolubles présentant une granulométrie supérieure ou égale à 300 μm , de préférence supérieure ou égale à 150 μm . Le tamis 25 est ménagé entre la première et la deuxième ouvertures 16, 22 du réacteur 11, de sorte à permettre l'évacuation du bitume dissous, le cas échéant des éléments solubles dissous et
10 insolubles à l'intérieur de la chambre 12 du réacteur 11. De préférence, la cathode plane est criblée de sorte à former le tamis 25.

Le système 10 comprend également un réservoir de récupération 26 des éléments insolubles. Le réservoir de récupération 26 des éléments insolubles comprend une ouverture 27 ménagée en regard de la première ouverture 16 du
15 réacteur 11, lorsqu'il est en position de déchargement. Le réservoir de récupération 26 et son ouverture 27 sont par exemple placés en-dessous de la première ouverture 16 du réacteur 11, lorsque le réacteur 11 est en position de déchargement, de sorte à décharger les éléments insolubles séparés du bitume, et le cas échéant des éléments solubles, qui sont retenus par le tamis 25 dans la
20 chambre 12 du réacteur 11 sous l'effet de leur poids.

Optionnellement, lorsque le milieu liquide est une huile, le système 10 peut en outre comprendre un échangeur de chaleur 28 traversé par le conduit d'alimentation 20 et le conduit d'évacuation 24 et configuré pour échanger de la chaleur depuis le conduit d'évacuation 24 vers le conduit d'alimentation 20, de
25 sorte à chauffer l'huile avant son introduction dans le réacteur 11 au moyen de la chaleur transportée par l'huile, le bitume dissous et le cas échéant les éléments solubles dissous évacués par le conduit d'évacuation 24 et générée par effet Joule lors de la génération des impulsions électromagnétiques dans le réacteur 11.

La figure 2 montre le procédé 100 de valorisation et/ou recyclage d'un produit bitumineux par puissance pulsée. Le procédé 100 comprend les étapes suivantes au cours desquelles :

- on alimente 101 le réacteur 11 en produit bitumineux et en milieu liquide,
- 5 - on génère 102 une succession d'impulsions électromagnétiques entre les électrodes 13 dans le réacteur 11 de sorte à produire, du fait de la puissance, de la fréquence et du temps de commutation des impulsions électromagnétiques, au moins une onde de choc et au moins un rayonnement ultraviolet, disperser et à dissoudre le bitume dans le milieu
- 10 liquide, et à séparer le bitume et les éléments insolubles, le milieu liquide empêchant le bitume de se reconstituer, autrement dit de se réagglomérer.

La ou les ondes de choc combinées aux rayonnements ultraviolets ont pour effet de diminuer la viscosité du liant bitumineux par micronisation et dispersion dans le milieu liquide. On comprendra par ailleurs que les affinités physico-
15 chimiques du milieu liquide avec le bitume empêche ce dernier de se réagglomérer.

On comprendra que lorsque le bitume comprend également des éléments solubles, par exemple des polymères tels que précédemment décrits, l'onde de choc et le rayonnement ultraviolet permettent de séparer les éléments insolubles
20 du bitume et des éléments solubles qui se dissolvent dans le milieu liquide. Le procédé 100 a en particulier pour avantage de ne pas dégrader les polymères incorporés dans le bitume du produit bitumineux à recycler, comme cela est illustré à la figure 3, et ainsi de permettre une éventuelle diminution des quantités de polymères à introduire dans le bitume recyclé pour une utilisation ultérieure.

25 Lorsque le milieu liquide est une huile, le procédé 100 est particulièrement avantageux dans la mesure où il permet en outre le rajeunissement du bitume, oxydé par le temps, en même temps que son recyclage.

 Lorsque le milieu liquide est un mélange d'eau et de solvant, le procédé 100 est particulièrement avantageux dans la mesure où il permet de dissoudre le
30 bitume et les éléments solubles en 30s.

Le champ électrique produit par les impulsions électromagnétiques est illustré aux figures 4 et 5.

Selon le premier mode de réalisation de l'invention, l'huile qui alimente 101 le réacteur 11 est de préférence à une température comprise entre 20°C et 200°C, plus préférentiellement entre 40°C et 120°C. De préférence, on alimente 101 le réacteur 11 en huile dans une proportion au moins supérieur à 2% en masse de produit bitumineux. De préférence, on alimente 101 le réacteur 11 en huile de sorte à immerger le produit bitumineux dans l'huile. Plus précisément, on alimente 101 de préférence le réacteur 11 d'un volume de produit bitumineux correspondant à un pourcentage de 10 et 60% du volume d'huile alimentant le réacteur 11.

Selon le deuxième mode de réalisation de l'invention, le mélange d'eau et de solvant qui alimente 101 le réacteur 11 est de préférence à température ambiante, c'est-à-dire à une température comprise entre 15°C et 27°C. De préférence, on alimente 101 le réacteur 11 d'un mélange d'eau et de solvant comprenant au moins deux fois plus d'eau que de solvant en volume, plus préférentiellement sensiblement trois fois plus d'eau que de solvant en volume. De préférence, on alimente 101 le réacteur en mélange d'eau et de solvant de sorte à immerger le produit bitumineux dans ledit mélange. En particulier, lorsque le mélange d'eau et de solvant comprend sensiblement trois fois plus d'eau que de solvant en volume, on alimente 101 de préférence le réacteur 11 d'un volume de produit bitumineux correspondant sensiblement à deux fois le volume de solvant.

On comprendra que pour mettre en œuvre le procédé 100, il n'est nul besoin de réduire la taille des produits bitumineux à traiter par une opération de broyage ou de découpe qui, notamment lorsque le produit bitumineux comprend des fibres de verre et/ou de polyester, est particulièrement complexe.

De préférence, lorsque l'on génère 102 les impulsions électromagnétiques, la puissance, la fréquence et le temps de commutation desdites impulsions électromagnétiques sont définis de sorte à produire un rayonnement

électromagnétique dans la gamme de fréquences des micro-ondes par exemple une gamme de fréquences comprise entre 300MHz et 300GHz.

La pression instantanée dans le milieu liquide contenu dans le réacteur peut atteindre 300 bars, lors de la génération (102) de la succession d'impulsions électromagnétiques.

De préférence, on génère 102 des impulsions électromagnétiques d'une puissance comprise entre 10^6 W et 10^{14} W.

De préférence, on génère 102 une succession d'impulsions électromagnétiques, ces impulsions électromagnétiques étant émises à une fréquence comprise entre 5Hz et 225Hz, plus préférentiellement entre 10Hz et 40Hz.

De préférence, on génère 102 des impulsions électromagnétiques avec un temps de commutation compris entre 20 et 200ns.

De préférence, lorsque l'on génère 102 des impulsions électromagnétiques, une tension maximale entre les électrodes est comprise entre 20kV et 200kV.

De préférence, lorsque l'on génère 102 des impulsions électromagnétiques, une intensité de courant entre les électrodes est comprise entre 10kA et 100kA.

De préférence, on génère 102 des impulsions électromagnétiques d'une durée moyenne comprise entre 5 et 200 μ s.

Le procédé 100 peut en outre comprendre les étapes suivantes :

- on tamise 103 le contenu du réacteur 11 de sorte à extraire séparément du réacteur 11 le bitume dissous, le cas échéant les éléments solubles dissous, et le milieu liquide d'une part, et les éléments insolubles d'autre part. On tamise 103 par exemple le contenu du réacteur pour retenir les éléments insolubles présentant une granulométrie supérieure ou égale à 300 μ m, de préférence supérieure ou égale à 150 μ m, et
- on extrait 104 séparément du réacteur 11 le bitume dissous, le cas échéant les éléments solubles dissous et le milieu liquide d'une part et les éléments insolubles d'autre part.

Optionnellement, selon le premier mode de réalisation de l'invention, le bitume dissous, le cas échéant les éléments solubles dissous, et l'huile qui sont extraits 104 du réacteur 11 et dont la température a augmenté par effet Joule lors de la génération 102 des impulsions électromagnétiques, échangent 105 de la
5 chaleur avec l'huile qui alimente 101 le réacteur 11, de sorte à la chauffer et le cas échéant à la porter à une température comprise entre 20°C et 200°C, de préférence entre 40°C et 90°C.

Optionnellement, selon le deuxième mode de réalisation de l'invention, une fois le bitume dissous, le cas échéant les éléments solubles dissous, et le
10 mélange d'eau et de solvant extraits 104 du réacteur 11, on décante 106 le bitume dissous, le cas échéant les éléments solubles dissous, et le mélange d'eau et de solvant, de sorte à séparer l'eau, le solvant et le bitume modifié sous l'effet de leur différence de densité, et récupérer ainsi du liant bitumineux recyclé. La décantation permet en outre audit liant de retrouver sa viscosité initiale.

REVENDICATIONS

1. Procédé (100) de recyclage d'un produit bitumineux par puissance pulsée, le produit bitumineux comprenant du bitume et des éléments à séparer, dans lequel :

- 5 - on alimente (101) un réacteur (11) à l'intérieur duquel s'étendent au moins deux électrodes (13) avec le produit bitumineux et un milieu liquide dont au moins un composant liquide dont les paramètres de solubilité de Hansen δ_h , δ_p et δ_d sont tels que le bitume présente au moins une solubilité partielle dans le milieu liquide, les éléments à séparer étant insolubles,
- 10 - on génère (102) une succession d'impulsions électromagnétiques entre les électrodes (13) dans le réacteur (11) de sorte à produire, du fait de la puissance, de la fréquence et du temps de commutation des impulsions électromagnétiques, au moins une onde de choc et au moins un rayonnement ultraviolet, de sorte à disperser et à dissoudre le bitume dans
- 15 le milieu liquide, et à séparer le bitume et les éléments insolubles, le milieu liquide empêchant le bitume de se reconstituer.

2. Procédé (100) selon la revendication 1, dans lequel le ou les composants liquides du milieu liquide présentent :

- 20 - un paramètre de solubilité de Hansen δ_h inférieur ou égal à $7 \text{ MPa}^{0,5}$, de préférence inférieur ou égal à $4 \text{ MPa}^{0,5}$,
- un paramètre de solubilité de Hansen δ_p inférieur ou égal à $7 \text{ MPa}^{0,5}$, de préférence inférieur ou égal à $4 \text{ MPa}^{0,5}$, et
- 25 - un paramètre de solubilité de Hansen δ_d supérieur ou égal à $15 \text{ MPa}^{0,5}$, de préférence supérieur ou égal à $17 \text{ MPa}^{0,5}$.

3. Procédé (100) selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel le produit bitumineux à recycler comprend du bitume dans lequel des polymères ont été incorporés, le milieu liquide comprenant au moins un composant liquide

30 présentant des paramètres de solubilité de Hansen δ_h , δ_p et δ_d définis de sorte

que les polymères soient solubles dans le milieu liquide, les polymères se dissolvant ainsi avec le bitume dans le milieu liquide, lors de la génération (102) des impulsions électromagnétiques.

- 5 4. Procédé (100) selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel on génère (102) une succession d'impulsions électromagnétiques, ces impulsions étant émises à une fréquence comprise entre 5Hz et 225Hz, de préférence entre 10Hz et 40Hz.
- 10 5. Procédé (100) selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel on génère (102) des impulsions électromagnétiques d'une puissance comprise entre 10^6 W et 10^{14} W.
- 15 6. Procédé (100) selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel on génère (102) des impulsions électromagnétiques avec un temps de commutation compris entre 20 et 200ns.
- 20 7. Procédé (100) selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel la succession d'impulsions électromagnétiques génère un rayonnement électromagnétique situé dans la gamme de fréquence des micro-ondes, notamment une fréquence comprise entre 300MHz et 300GHz.
- 25 8. Procédé (100) selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel, après séparation du bitume et des éléments insolubles, on tamise (103) le contenu du réacteur (11) de sorte à extraire (104) séparément du réacteur (11) le bitume dissous dans le milieu liquide et le milieu liquide d'une part, et les éléments insolubles d'autre part.

9. Procédé (100) selon la revendication 8, dans lequel on tamise (103) le contenu du réacteur (11) pour retenir les éléments insolubles présentant une granulométrie supérieure ou égale à 300µm, de préférence supérieure ou égale à 150µm.

5 10. Procédé (100) selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel le milieu liquide est une huile végétale, ou une huile minérale ou une huile de synthèse ou du bitume.

10 11. Procédé (100) selon la revendication 10, dans lequel on alimente (101) le réacteur (11) en milieu liquide dans une proportion volumique au moins supérieure à 50% par rapport au volume de produit bitumineux.

15 12. Procédé (100) selon la revendication 10 ou la revendication 11, dans lequel on alimente (101) le milieu liquide dans le réacteur à une température comprise entre 20°C et 200°C, de préférence entre 40°C et 120°C.

20 13. Procédé (100) selon la revendication 8 et l'une des revendications 10 à 12, dans lequel, le bitume dissous et l'huile extraits (104) du réacteur échantent (105) de la chaleur avec l'huile qui alimente (101) le réacteur, de sorte à chauffer ladite huile qui alimente (101) le réacteur.

14. Procédé (100) selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel le milieu liquide est un mélange d'eau et d'un solvant choisi parmi les solvants naphta, les solvants aromatiques et les solvants biosourcés.

25

15. Procédé (100) selon la revendication 14, dans lequel le mélange d'eau et de solvant comprend au moins deux fois plus d'eau que de solvant en volume, de préférence au moins trois fois plus d'eau que de solvant en volume.

16. Procédé (100) selon la revendication 14 ou la revendication 15, dans lequel le mélange d'eau et de solvant qui alimente(101) le réacteur (11) est à une température comprise entre 15°C et 27°C.

5 17. Procédé (100) selon l'une des revendications 14 à 16, dans lequel on décante (106) le bitume dissous et le mélange d'eau et de solvant, de sorte à récupérer séparément le bitume recyclé et le mélange d'eau et de solvant.

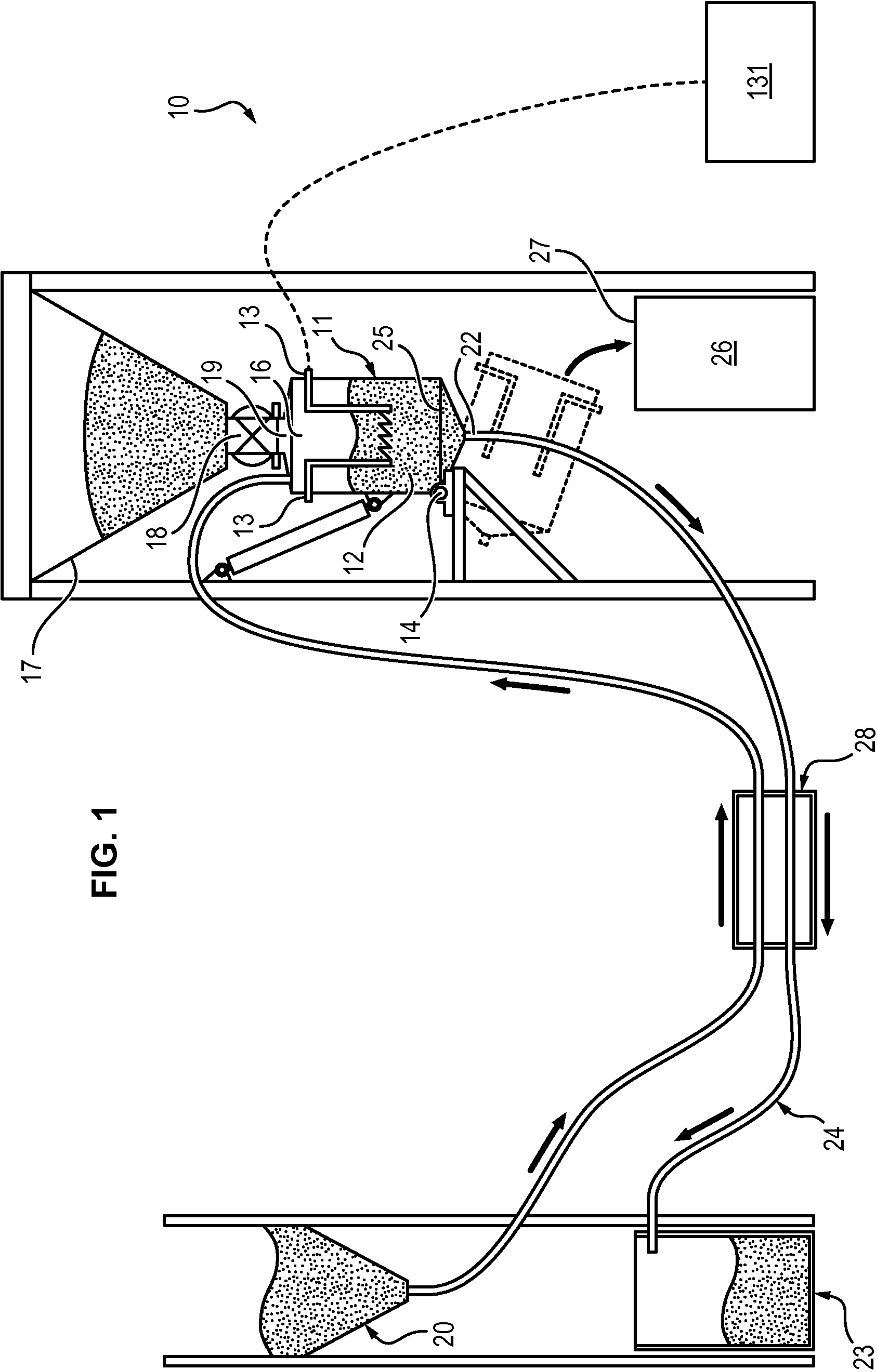
10 18. Procédé (100) selon l'une des revendications 1 à 17, dans lequel lorsque l'on génère (102) des impulsions électromagnétiques, une tension maximale entre les électrodes est comprise entre 20kV et 200kV.

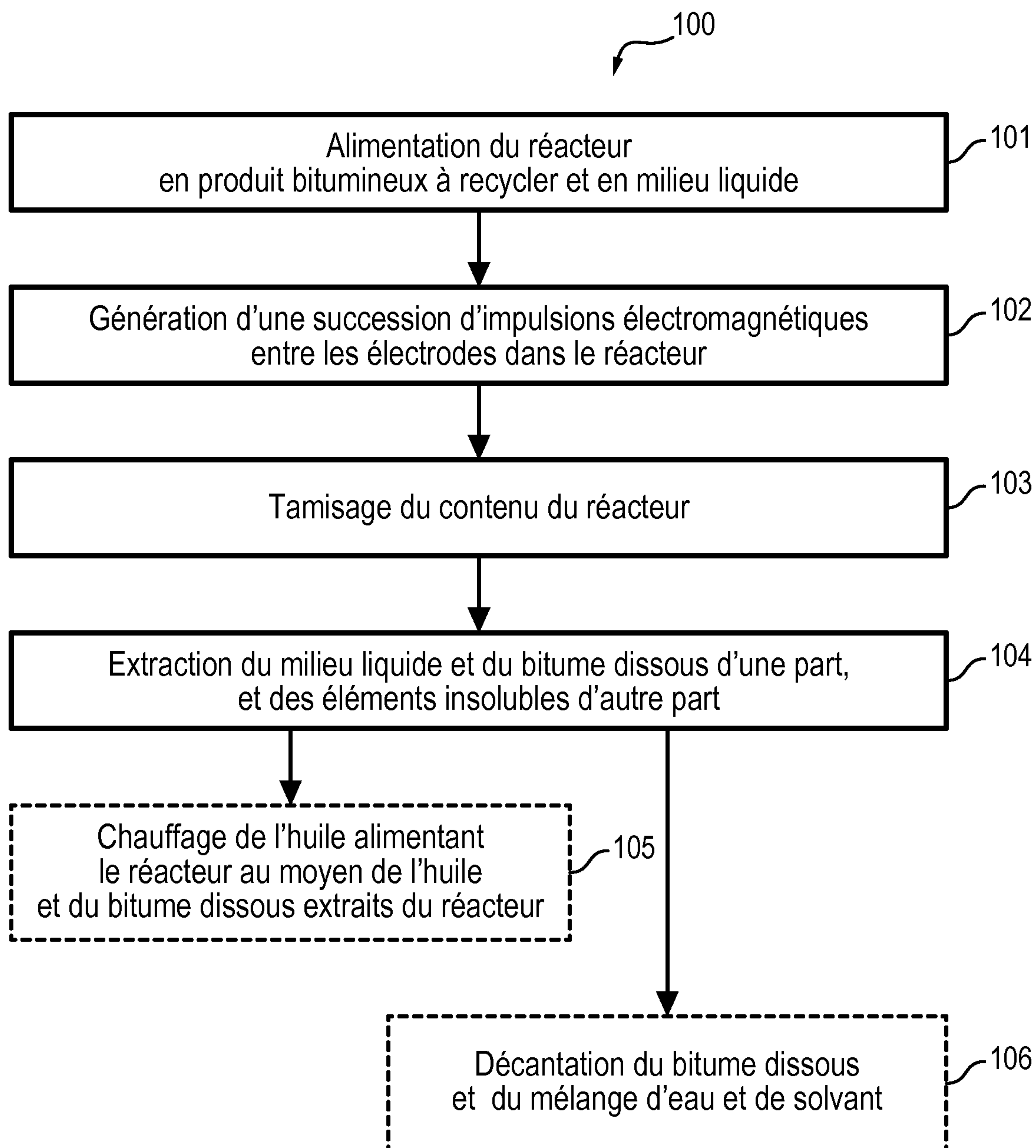
15 19. Procédé (100) selon l'une des revendications 1 à 18, dans lequel lorsque l'on génère (101) des impulsions électromagnétiques, une intensité de courant entre les électrodes est comprise entre 8kA et 100kA.

20. Procédé (100) selon l'une des revendications 1 à 19, dans lequel on génère (101) des impulsions électromagnétiques d'une durée moyenne de 5 à 200µs.

20 21. Procédé (100) selon l'une des revendications 1 à 20 dans lequel les éléments insolubles comprennent :

- des fibres de verre et/ou de polyester, et/ou
- des charges minérales, et/ou
- des granulats, et/ou
- 25 - des films plastiques, et/ou
- des feuilles d'aluminium.



2/5**FIG. 2**

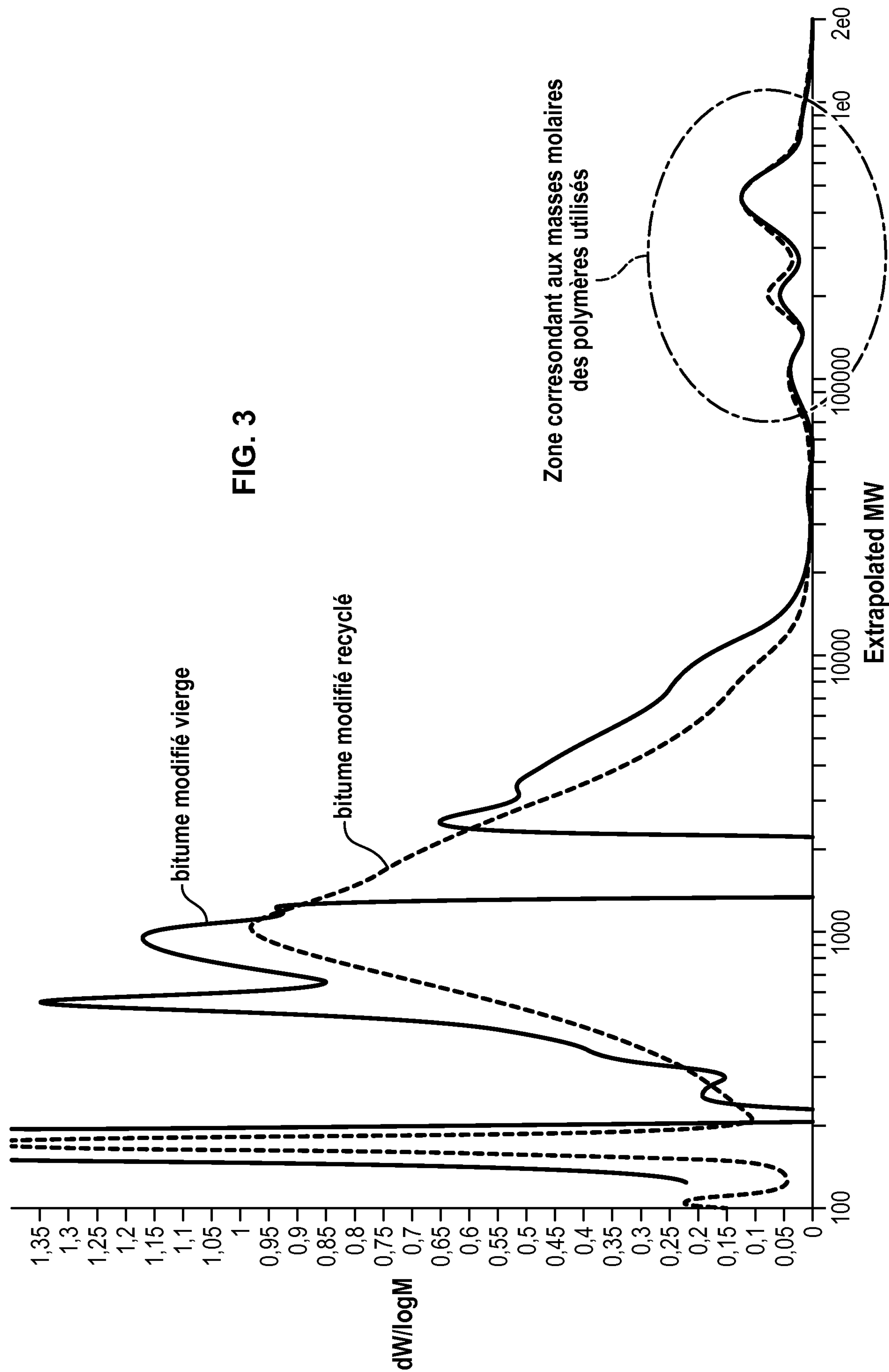


FIG. 4

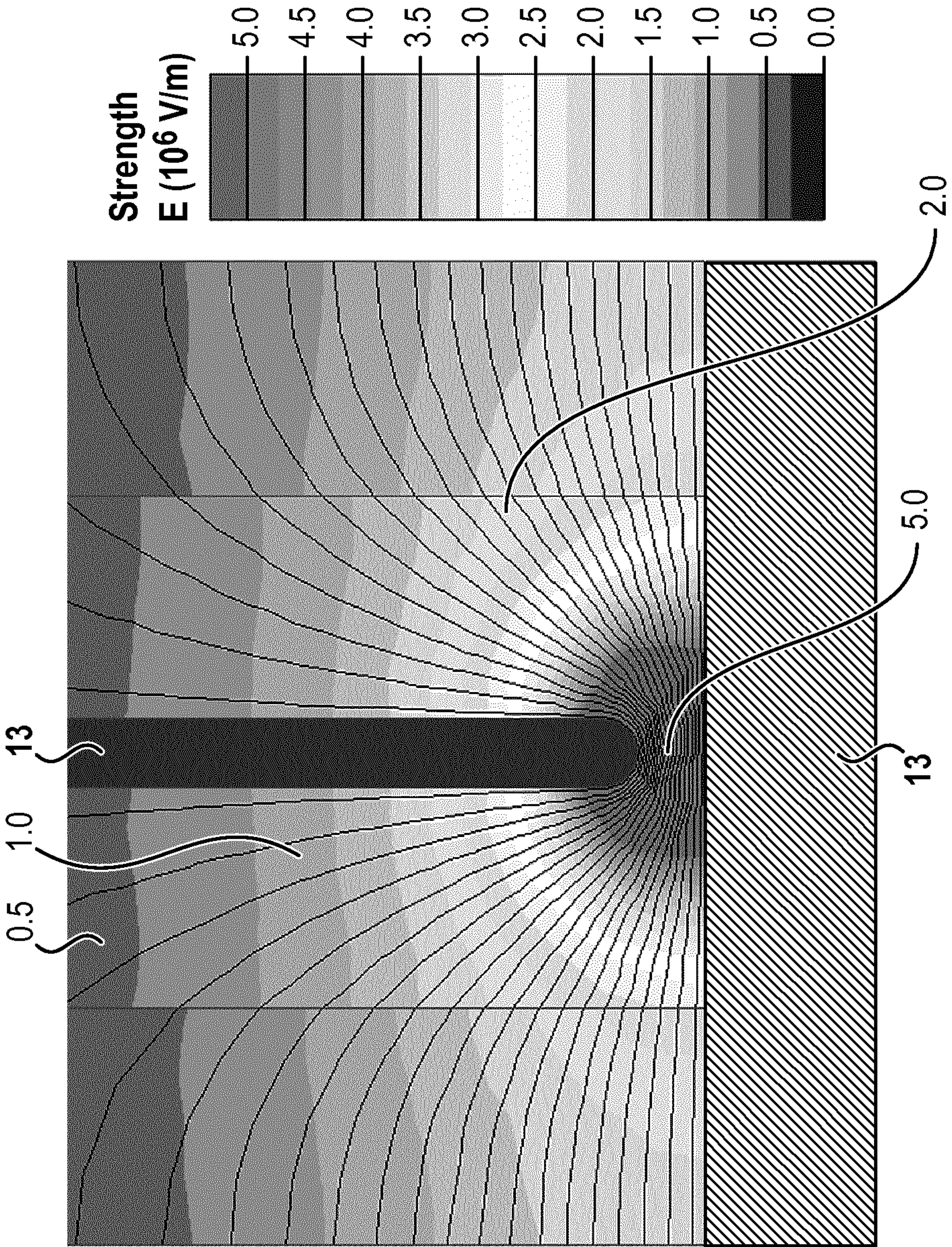


FIG. 5

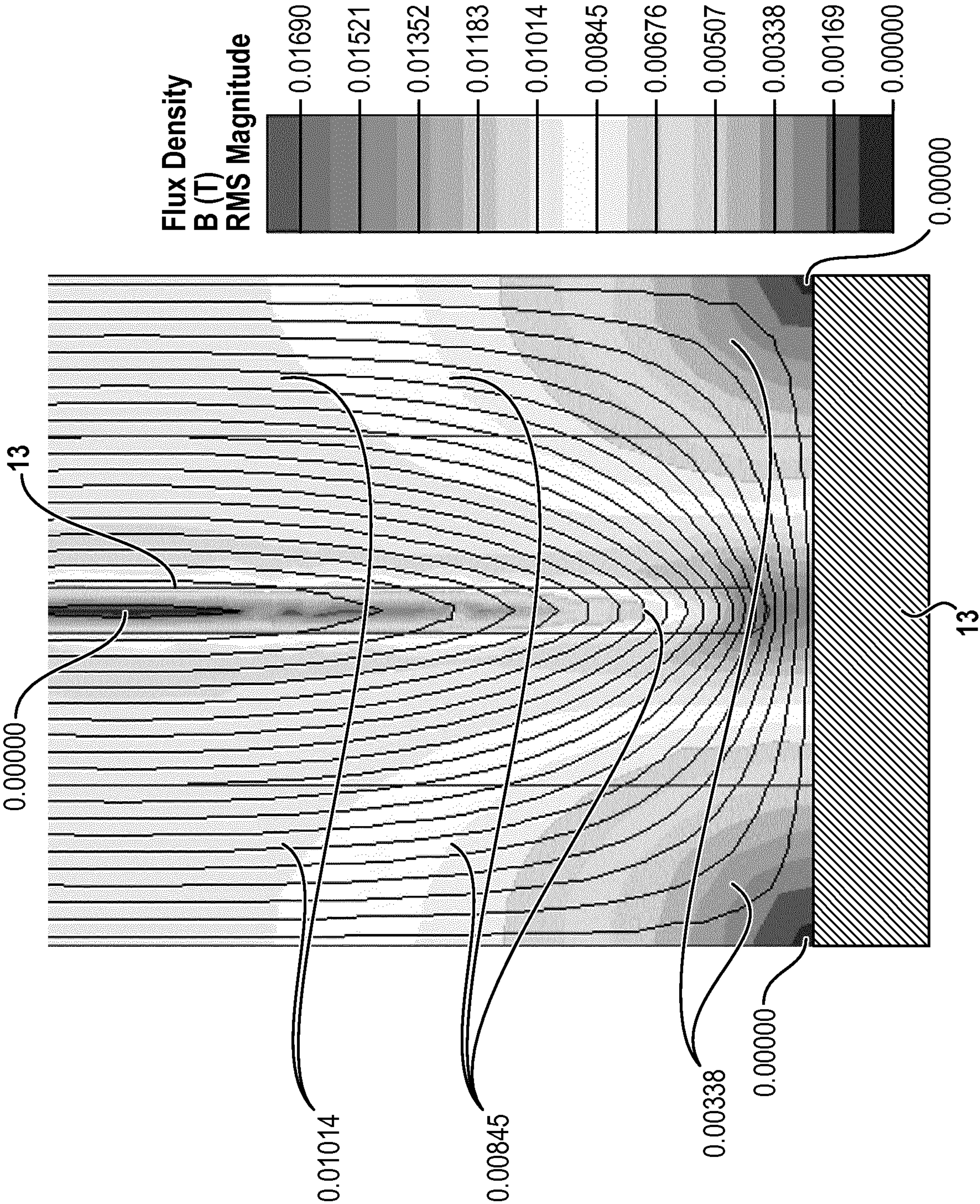


FIG. 2

