



## **SYSTEME DE TRAITEMENT D'UN MELANGE ISSU D'UN PUIIS DE PRODUCTION**

La présente invention concerne le domaine du traitement de fluide extrait d'un puits d'exploitation, notamment dans l'hypothèse où ce fluide extrait contient un mélange eau-huile (i.e. eau-hydrocarbure).

La séparation de l'eau de l'hydrocarbure lors de l'exploitation d'un puits est un point d'attention important de l'économie générale de l'exploitation. En effet, dans le cadre de nombreux puits non-conventionnels, la part aqueuse du fluide remonté depuis la zone de production devient de plus en plus importante.

De plus, notamment dans le cadre d'un puits comportant une pompe en fond de puits, le fluide remontant du puits peut être relativement turbulent et l'émulsion eau-huile peut être importante (i.e. la taille des gouttes d'huile dans l'eau peut être très fine) complexifiant ainsi toute séparation huile/eau ultérieure.

Il y a ainsi un besoin pour proposer un système de traitement du fluide de production afin de simplifier la séparation eau-huile.

La présente invention vient ainsi améliorer la situation.

A cet effet, la présente invention propose un système de traitement d'un mélange issu d'un puits de production, ledit mélange comprenant un premier liquide aqueux et un deuxième liquide huileux, le système de traitement comprend :

- un tube d'extraction installé dans ledit puits et apte à conduire ledit mélange depuis un fond dudit puits,
- un séparateur apte à séparer le premier liquide du deuxième liquide dans ledit mélange, une première extrémité dudit tube étant connectée au séparateur,

- un premier moyen d'injection apte à injecter un premier produit dans ledit tube, ledit premier produit étant apte à améliorer la floculation et la coalescence du deuxième fluide dans le mélange,

Tout diamètre du tube entre ladite première extrémité du tube et une deuxième  
5 extrémité dudit tube est compris dans un intervalle de 10% autour d'un diamètre prédéterminé.

Dans un mode de réalisation particulier, le séparateur peut comprendre une  
première évacuation pour liquide aqueux, et dans lequel le système comprend en  
10 outre une duse apte à réguler un débit de liquide sortant de ladite première évacuation.

Avantageusement, le séparateur peut comprendre une deuxième évacuation pour  
liquide huileux, et dans lequel le système comprend en outre une duse apte à réguler  
15 un débit de liquide sortant de ladite seconde évacuation.

En outre, une plus grande dimension du séparateur peut être inférieure à cinq fois  
le diamètre prédéterminé.

20 Dans un mode de réalisation de l'invention, le système de traitement peut comprendre en outre :

- une pompe de fond, ladite pompe de fond comprenant une entrée et une sortie, la seconde extrémité dudit tube étant connectée à la sortie de ladite pompe de fond,
- 25 - un deuxième moyen d'injection apte à injecter un deuxième produit actif sur des interfaces eau et huile dans le mélange dans une zone située en amont de la pompe de fond au regard d'une circulation dudit mélange de l'entrée de ladite pompe de fond vers la sortie de ladite pompe de fond.

Avantageusement, le deuxième moyen d'injection peut être apte à injecter un troisième produit anti-dépôts.

5 En particulier, la pompe de fond peut être une pompe hydraulique ou une pompe hydraulique centrifuge ou une pompe électrique.

En outre, le diamètre prédéterminé peut être apte à maximiser, pour un débit de mélange donné dans ledit tube, un effet de floculation et de coalescence du liquide  
10 huileux dudit mélange dans ledit tube.

Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, le séparateur peut comprendre une première évacuation pour liquide aqueux, ladite évacuation étant connectée à un réservoir souterrain.

15

Le séparateur peut également comprendre une première évacuation pour liquide aqueux, ladite évacuation étant connectée à un réservoir souterrain et une pompe installée en surface peut être apte à mettre en pression un liquide sortant de ladite évacuation pour une injection dudit liquide sortant dans le réservoir souterrain.

20

En complément ou en variante, le séparateur peut comprendre une première évacuation pour liquide aqueux, ladite évacuation étant connectée à un réservoir souterrain, la pompe de fond peut être apte à mettre en pression un liquide sortant de ladite évacuation pour une injection dudit liquide sortant dans le réservoir  
25 souterrain.

Par exemple, le séparateur peut être un séparateur cyclonique.

Dans un mode de réalisation particulier, le séparateur peut être un séparateur actif dont une vitesse d'activation est indépendante d'une vitesse de la pompe de fond.

5       Avantageusement, le séparateur peut être installé en surface ou dans le puits.

Une distance entre une tête de puits dudit puits et le séparateur peut être inférieure à 100 mètres.

10       Dans un mode de réalisation avantageux, le premier moyen d'injection peut être positionné de telle sorte que l'injection du premier produit est effectuée dans un premier tiers du tube comprenant la deuxième extrémité dudit tube.

15       Par exemple, le premier moyen d'injection peut être positionné de telle sorte que l'injection du premier produit est effectuée dans une partie continue du tube comprenant la deuxième extrémité dudit tube, ladite partie continue ayant une longueur inférieure à 20 mètres.

20       D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront encore à la lecture de la description qui va suivre. Celle-ci est purement illustrative et doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 illustre un exemple de réalisation particulière d'un système de traitement d'un mélange issu d'un puits de production selon l'invention.

25       La figure 1 illustre un exemple de réalisation particulière d'un système de traitement d'un mélange issu d'un puits de production selon l'invention.

Ce système 100 de traitement est installé dans un puits de production 101 préalablement foré.

Durant l'exploitation, le fluide de production contenu dans le réservoir s'infiltré dans le puits 101 au niveau du fond de puits 101a et au travers de perforations 102.

5 Afin d'extraire le fluide de production, il est souvent utile d'installer dans le puits un tube d'extraction 103. Ce tube s'étend de la surface (i.e. de la tête de puits) jusqu'au fond de puits 101a ou tout du moins, jusqu'à une côte à laquelle le fluide de production existe.

10 Pour des raisons de sécurité et afin d'éviter toute remontée de fluide dans la partie annulaire 101b, il est utile d'installer dans la partie basse du puits un joint d'isolation 113 (ou « packer » en anglais), laissant ainsi comme seule sortie au fluide, vers la tête du puits, le tube d'extraction 103.

15 Si le puits est un puits éruptif, il n'est pas nécessaire d'installer de pompe en fond de puits pour aider la remontée de fluide de production vers la surface. Dans le cas où le puits n'est pas éruptif (par exemple, dans la majorité des puits dit « non-conventionnel »), il est utile de connecter au tube d'extraction (par exemple à son extrémité basse 107) une pompe 108. Cette pompe est appelé « pompe de fond ». La pompe 108 comprend une entrée 108e et une sortie 108s.

20 Cette pompe peut être notamment une pompe hydraulique, une pompe hydraulique centrifuge ou encore une pompe électrique.

A minima, cette pompe suffisamment puissante pour permettre de remonter le fluide de la zone de pompage (i.e. de l'entrée de la pompe 108e) jusqu'à la tête de puits.

25 Lors de la remonté du fluide de production « eau-huile » dans le tube d'extraction, ce fluide peut présenter un aspect d' « émulsion ». Ce phénomène est renforcé par l'utilisation d'une pompe de fond. En effet, du fait des turbulences induites par l'infiltration dans le puits, les cavitations, les modifications d'écoulement et le mouvement de la pompe, l'huile contenue dans le liquide aqueux a tendance à former des goulettes de faibles tailles lors de la remonté dans le tube.

Afin de chercher à séparer l'huile du reste du liquide, il est ainsi utile d'installer un séparateur « eau-huile » 104 dans le présent système. Ce séparateur 104 apte à séparer l'huile du reste du liquide deuxième liquide dans ledit mélange (i.e. le fluide de production). Ce séparateur 104 est connecté à l'extrémité haute 106 du tube  
5 d'extraction.

Le séparateur 104 comprend une évacuation 105 pour le liquide non-huileux. Une duse 110 (i.e. vanne de fermeture) permet de réguler un débit de liquide sortant au travers de cette évacuation 105.

Cette évacuation 105 peut être connectée à un réservoir souterrain 115  
10 accessible, par exemple, via un ancien puits d'exploitation 114 afin de stocker et d'évacuer ce liquide aqueux.

La pression hydrostatique de la colonne de liquide aqueuse peut être suffisante pour appliquer une pression apte à injecter ce liquide dans le réservoir 115. Néanmoins, le réservoir 115 peut également exercer une contre-pression trop  
15 importante et bloquer ainsi l'injection du liquide dans ce réservoir 115.

Dès lors, il peut être utile d'ajouter sur la ligne 105 une pompe 116 de surface permettant de mettre en pression le liquide évacué via cette ligne et apte à vaincre la contrepression du réservoir 115.

Néanmoins, cette mise en pression n'est pas nécessairement réalisée à l'aide  
20 d'une pompe de surface : la pompe de fond 108 peut également permettre cette mise en pression dans l'hypothèse où elle est suffisamment puissante et suffisamment dimensionnée pour une injection du liquide de la ligne 105 dans le réservoir souterrain 115.

De même, ce séparateur 104 comprend une évacuation 118 pour liquide huileux,  
25 munie d'une duse 111 apte à réguler un débit de liquide évacué par cette évacuation 118.

L'ajustement de la répartition du soutirage entre sortie huile et sortie eau (par l'ouverture ou la fermeture partielle des duses) permet d'atteindre de manière simple une qualité d'eau de très grande propreté : le risque de pollution par réinjection dans  
30 un réservoir 115 est donc fortement limité. De plus, il est possible d'installer sur la

ligne d'évacuation 105 un capteur de pollution permettant d'avertir un agent ou d'arrêter l'injection en cas de présence (éventuellement des traces) d'huile dans le liquide à réinjecter.

Le séparateur 104 peut être un séparateur cyclonique, par exemple mis en rotation à l'aide d'un dispositif partagé avec la pompe 108 (ex. même système hydraulique, même arbre de transmission, etc.).

Néanmoins, même si le séparateur peut être un séparateur actif, il peut être utile que la vitesse d'activation de celui-ci (ex. vitesse de rotation d'un filtre cyclonique actif) soit indépendante de la vitesse de pompage de la pompe du fond (ex. vitesse d'activation dépendante de la densité de l'huile dans le liquide et non du débit de liquide pompé).

Par ailleurs, si la figure 1 présente un séparateur 104 installé au-delà de la tête de puits (i.e. en surface), il peut être utile de l'installer dans le puits afin de permettre une installation des mécanismes de sécurité standards de puits au-dessus du séparateur. En effet, le plus souvent, les dispositifs de sécurité créent des modifications de diamètre susceptible d'entraîner des écoulements turbulents au sein du fluide d'exploitation et ainsi ils peuvent perturber/bloquer la séparation ultérieure de l'huile contenu au sein du fluide d'exploitation.

Ainsi, il est avantageux que le séparateur utilisé soit compact afin de pouvoir l'introduire sans difficulté dans le puits : par exemple, une plus grande dimension (L) du séparateur 104 peut être inférieure à cinq fois le diamètre du tube 103.

Il est par exemple possible d'utiliser le séparateur compact Optisep (US 7,462,274 B2). La compacité de ce dispositif facilite sa tenue en pression, simplifie le montage et rend aisé les opérations en tête de puits. De plus, il est possible de régler le diamètre de coupure (i.e. diamètre au-dessus duquel les gouttelettes d'huiles sont séparées) par une modification de la vitesse de rotation du séparateur.

En tout état de cause, il peut être avantageux que le séparateur ne soit pas trop éloigné de la tête de puits (par exemple, 100m) :

- si le séparateur est dans le puits, cela permet d'éviter que le séparateur soit

trop près de la pompe ou des zones de turbulences du puits. Ainsi, le système profite de la coalescence et de la floculation naturelle de l'huile lors de sa remontée dans le tube 103 ;

- si le séparateur est hors du puits, cela permet d'éviter un transport horizontal du fluide non-huileux et donc non nécessaire à la production.

Afin de faciliter la séparation de l'huile et augmenter l'efficacité du séparateur 104, le système comprend en outre un tube d'injection 109 permettant d'injecter un produit dans le tube d'extraction 103 afin d'améliorer la floculation et la coalescence de l'huile dans le fluide de production.

- 10 La floculation est le processus physico-chimique au cours duquel des matières en suspension dans un liquide s'agglomèrent pour former des particules plus grosses. Le floculant peut être, par exemple, des ions métalliques (fer, aluminium) ou des macromolécules (polyélectrolytes) afin de favoriser l'agrégation.

- 15 La coalescence est un phénomène par lequel deux substances identiques, mais dispersées, ont tendance à se réunir. Le phénomène principal qui entre en jeu est que le matériau optimise sa surface sous l'action de la tension superficielle, de manière à atteindre un minimum d'énergie.

- Le tube 109 est avantageusement placé pour permettre une injection dans le premier tiers du tube bas du tube 103 (i.e. tiers comprenant l'extrémité 107 du tube).
- 20 Cette localisation permet au produit améliorant la floculation et la coalescence de l'huile d'agir pendant une grande période durant la remontée du fluide de production. Par exemple, l'injection est réalisée à une hauteur  $h=20\text{m}$  au-dessus de la pompe ou de l'extrémité basse du tube 103.

- Par ailleurs, afin d'éviter tout effet de turbulence dans le tube qui aurait pour effet de contrer la floculation ou la coalescence, il est avantageux qu'aucune vanne ou rétrécissement n'existe sur le tube 103 entre la pompe et le séparateur 104. A titre d'illustration, il peut être avantageux que le diamètre ( $d_1$  ou  $d_2$ ) du tube 103 ne s'écarte pas plus d'un certain pourcentage (ex. 5% ou 10%) autour d'un diamètre prédéterminé sur toute la hauteur du tube (i.e. de l'interface 106 à l'interface 107). Il
- 25 est également possible de limiter la variation du tube entre le diamètre le plus petit et
- 30

le diamètre le plus grand sur toute section glissante d'une longueur prédéterminée (ex. l) : ainsi, sur toute section du tube de longueur l, la différence entre le diamètre le plus petit et le diamètre le plus grand n'excède pas un certain pourcentage du diamètre le plus petit ou le plus grand.

5 Le diamètre prédéterminé peut être apte à maximiser, pour un débit de mélange donné dans ledit tube, un effet de floculation et de coalescence. En effet, si le diamètre est trop faible pour un débit donné, la vitesse du fluide remontant dans le tube 103 sera importante et les frottements induits sur les parois du tube 103 peuvent entraîner des écoulements turbulents allant à l'encontre de la floculation ou  
10 la coalescence. Il est dès lors avantageux de déterminer (algorithmiquement ou expérimentalement) un diamètre permettant un écoulement à « faible » vitesse dans le tube, pour un débit donné. Si, à l'inverse, le diamètre est trop important (et donc si la vitesse du fluide est trop faible), les particules d'huile peuvent avoir des difficultés pour se rencontrer et ainsi se regrouper. Dès lors, un compromis peut être trouvé  
15 concernant le diamètre afin de maximiser l'effet de coalescence et de floculation de l'huile : ce compromis peut dépendre du fluide de production et du débit.

Avantageusement, il est possible de prévoir une ligne d'injection 112 (traversant par exemple le joint 113) pour une injection d'un produit actif sur des interfaces eau-huile (par exemple un tensio-actif) et éventuellement un produit anti-dépôts dans une  
20 zone située en amont (101a) de la pompe de fond au regard de la circulation (flèche 117) du fluide de production vers la surface.

Cette injection avant la pompe permet un mélange efficace de ce produit avec le fluide de production et permet de maximiser la séparation ultérieure.

Il a été constaté expérimentalement que l'injection de ce deuxième produit en aval  
25 de la pompe ne permet pas d'atteindre une aussi bonne séparation.

Par ailleurs, l'injection du produit améliorant la floculation et la coalescence en amont de la pompe (si elle est utilisée dans le système) est moins bonne que l'injection en aval comme présenté dans la figure 1.

30 Bien entendu, la présente invention ne se limite pas aux formes de réalisation

décrites ci-avant à titre d'exemples ; elle s'étend à d'autres variantes.

D'autres réalisations sont possibles.

## **REVENDEICATIONS**

1. Système (100) de traitement d'un mélange issu d'un puits de production (101), ledit mélange comprenant un premier liquide aqueux et un deuxième liquide huileux, le système de traitement comprend :

- un tube d'extraction (103) installé dans ledit puits (101) et apte à conduire ledit mélange depuis un fond dudit puits (101a),
- un séparateur (104) apte à séparer le premier liquide du deuxième liquide dans ledit mélange, une première extrémité (106) dudit tube étant connectée au séparateur,
- un premier moyen d'injection (109) apte à injecter un premier produit dans ledit tube (103), ledit premier produit étant apte à améliorer la floculation et la coalescence du deuxième fluide dans le mélange,

dans lequel, tout diamètre ( $d_1$ ,  $d_2$ ) du tube entre ladite première extrémité (106) du tube et une deuxième extrémité (107) dudit tube est compris dans un intervalle de 10% autour d'un diamètre prédéterminé.

2. Système selon la revendication 1, dans lequel le séparateur (104) comprend une première évacuation (105) pour liquide aqueux, et dans lequel le système comprend en outre une duse (110) apte à réguler un débit de liquide sortant de ladite première évacuation.

3. Système selon l'une des revendication précédente, dans lequel le séparateur comprend une deuxième évacuation (118) pour liquide huileux, et dans lequel le système comprend en outre une duse (111) apte à réguler un débit de liquide sortant de ladite seconde évacuation.

4. Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel une plus grande dimension (L) du séparateur (104) est inférieure à cinq fois le diamètre prédéterminé.

5. Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système de traitement comprend en outre :

- une pompe de fond (108), ladite pompe de fond comprenant une entrée (108e) et une sortie (108s), la seconde extrémité (107) dudit tube étant connectée à la sortie (108s) de ladite pompe de fond,
- un deuxième moyen d'injection (112) apte à injecter un deuxième produit actif sur des interfaces eau et huile dans le mélange dans une zone située en amont (101a) de la pompe de fond au regard d'une circulation dudit mélange de l'entrée de ladite pompe de fond vers la sortie de ladite pompe de fond.

6. Système selon la revendication 5, dans lequel le deuxième moyen d'injection est apte à injecter un troisième produit anti-dépôts.

7. Système selon l'une des revendications 5 à 6, dans lequel la pompe de fond est une pompe hydraulique ou une pompe hydraulique centrifuge ou une pompe électrique.

8. Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le diamètre prédéterminé est apte à maximiser, pour un débit de mélange donné dans ledit tube, un effet de floculation et de coalescence du liquide huileux dudit mélange dans ledit tube.

9. Système selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel le séparateur comprend une première évacuation pour liquide aqueux, ladite évacuation étant

connectée à un réservoir souterrain (115).

10. Système selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel le séparateur comprend une première évacuation pour liquide aqueux, ladite évacuation étant connectée à un réservoir souterrain (115),

et dans lequel, une pompe installée (116) en surface est apte à mettre en pression un liquide sortant de ladite évacuation pour une injection dudit liquide sortant dans le réservoir souterrain.

11. Système selon l'une des revendications 5 à 8, dans lequel le séparateur comprend une première évacuation pour liquide aqueux, ladite évacuation étant connectée à un réservoir souterrain (115),

et dans lequel, la pompe de fond (108) est apte à mettre en pression un liquide sortant de ladite évacuation pour une injection dudit liquide sortant dans le réservoir souterrain.

12. Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le séparateur est un séparateur cyclonique.

13. Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le séparateur est un séparateur actif dont une vitesse d'activation est indépendante d'une vitesse de la pompe de fond.

14. Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le séparateur est installé en surface.

15. Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le

séparateur est installé dans le puits (101).

16. Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel une distance entre une tête de puits dudit puits et le séparateur est inférieure à 100 mètres.

17. Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le premier moyen d'injection est positionné de telle sorte que l'injection du premier produit est effectué dans un premier tiers du tube comprenant la deuxième extrémité dudit tube.

18. Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le premier moyen d'injection est positionné de telle sorte que l'injection du premier produit est effectuée dans une partie continue du tube comprenant la deuxième extrémité dudit tube, ladite partie continue ayant une longueur (h) inférieure à 20 mètres.

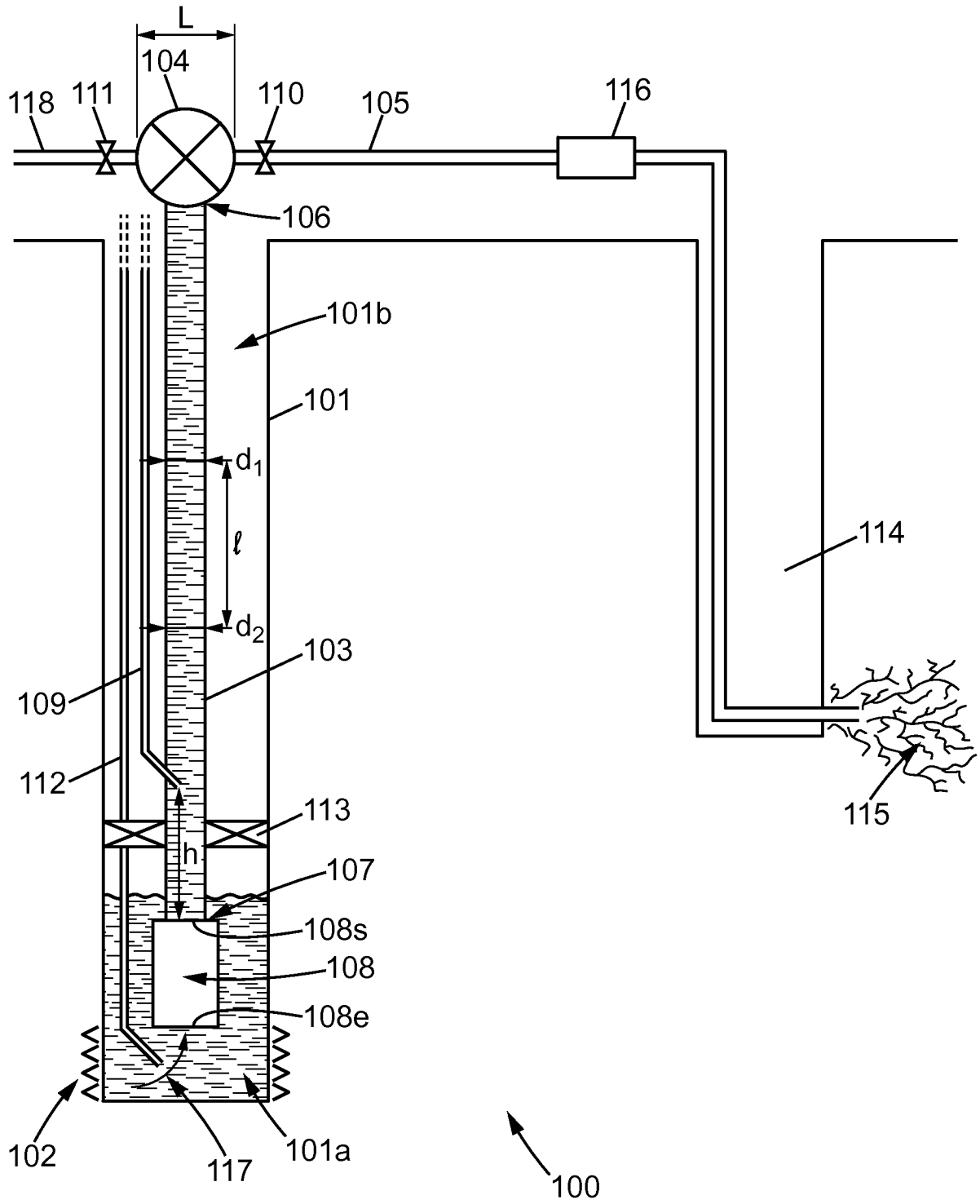


FIG. 1