

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
16 octobre 2008 (16.10.2008)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2008/122705 A2

(51) Classification internationale des brevets :
B01D 15/18 (2006.01) **C07C 7/12** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2008/000205

(22) Date de dépôt international :
14 février 2008 (14.02.2008)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
07/01773 9 mars 2007 (09.03.2007) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **IFP**
[FR/FR]; 1-4 Avenue de Bois Préau, F-92852 Rueil Mal-
maison Cedex (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **HOTIER, Gérard** [FR/FR]; 39, avenue Berthelot, F-92500 Rueil Malmaison (FR). **LEFLAIVE, Philibert** [FR/FR]; 8, Rue Joseph Brissaud, F-69780 Mions (FR). **LOURET, Sylvain** [FR/FR]; 32 B rue Lt. Colonel Girard, F-69003 Lyon (FR). **AUGIER, Frédéric** [FR/FR]; 29, avenue 8 Mai 1945, F-69360 Saint Symphorien d'Ozon (FR).

(74) Mandataire : **ELMALEH, Alfred**; IFP, 1-4, avenue de Bois Préau, F-92852 Rueil-Malmaison Cedex (FR).

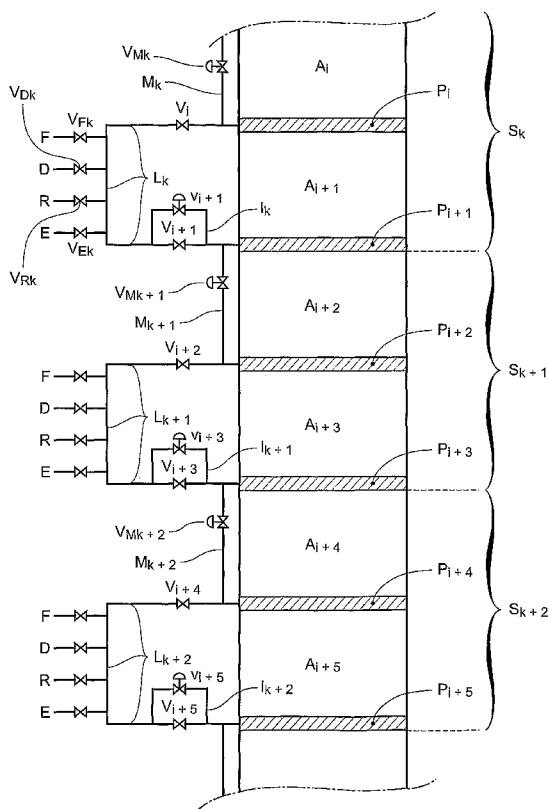
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: SIMULATED MOVING BED SEPARATION METHOD AND DEVICE HAVING A REDUCED LINE VOLUME AND A REDUCED NUMBER OF LARGE-DIAMETER VALVES

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF DE SEPARATION EN LIT MOBILE SIMULE A NOMBRE DE VANNES DE GRAND DIAMETRE ET VOLUME DE LIGNES REDUITS

Figure 2



(57) Abstract: The invention relates to a simulated moving bed adsorption separation device having a limited number of large-diameter valves. According to the invention, the device includes a column comprising a plurality of sections S_k having two stacked plates P_i with a single distribution network, each section S_k comprising a main outer bypass line L_k connected to each plate P_j of S_k by a large-diameter plate valve V_j and a secondary outer bypass line M_k comprising a small-diameter valve V_{Mk} connected to the adjacent section S_{k+1} . Each line L_k includes a flow limiting means and is connected to each of the fluid networks via a single large-diameter valve. In addition, the branch pipes from lines L_k to the column are offset by a maximum angle of 20° inside S_k in order to limit the volume of lines L_k and by an average angle of between 70° and 110° between two adjacent sections S_k and S_{k+1} so as not to weaken the column mechanically. The plates preferably include DME_{ij} panels with parallel sectors, the direction of which varies for each plate or pair of plates. The invention also relates to a separation method using said device.

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif de séparation par adsorption en lit mobile simulé comprenant des vannes de grande dimension en nombre limité. Selon l'invention, le dispositif comprend une colonne avec une pluralité de tronçons S_k à 2 plateaux superposés P_i à réseau unique de distribution, chaque tronçon S_k comprenant une ligne de dérivation externe principale L_k connectée à chaque plateau P_j de S_k par une vanne de plateau V_j de grand diamètre, et une ligne de dérivation externe secondaire M_k comprenant une vanne V_{Mk} de petit diamètre connectée au tronçon adjacent S_{k+1} . Chaque ligne L_k

[Suite sur la page suivante]



ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

comprend un moyen de limitation de débit, et est reliée à chacun des réseaux de fluides via une vanne unique de grand diamètre. De plus, les piquages des lignes L_k sur la colonne sont décalés d'au plus 20° à l'intérieur de S_{k1} pour limiter le volume des lignes L_k , et décalés d'un angle moyen compris entre 70° et 110° entre 2 tronçons voisins S_k et S_{k+i} pour ne pas fragiliser mécaniquement la colonne. Les plateaux comprennent de préférence des panneaux DME_{ij} à secteurs parallèles dont la direction varie plateau par plateau ou par groupe de 2 plateaux. L'invention concerne également un procédé de séparation, utilisant ce dispositif.

PROCEDE ET DISPOSITIF DE SEPARATION EN LIT MOBILE SIMULE A NOMBRE DE VANNES DE GRAND DIAMETRE ET VOLUME DE LIGNES REDUITS

Domaine de l'invention:

L'invention se rapporte au domaine des séparations de produits naturels ou chimiques, que l'on peut difficilement séparer par distillation. On utilise alors une famille de procédés, et de dispositifs associés, connus sous le nom de procédés, ou dispositifs de séparation « chromatographique », ou « en lit mobile simulé », ou « en contre-courant simulé », ou « en co-courant simulé », que nous désignerons ci-après par l'appellation « SMB ».

Les domaines concernés sont notamment, et de façon non exclusive :

- 10 - la séparation entre d'une part les paraffines normales et d'autre part les paraffines ramifiées, naphènes, et aromatiques,
- la séparation oléfines / paraffines,
- la séparation du paraxylène des autres isomères en C8 aromatiques,
- la séparation du métaxylène des autres isomères en C8 aromatiques,
- 15 - la séparation de l'éthylbenzène des autres isomères en C8 aromatiques.

Hors raffinerie et complexe pétrochimique il existe de nombreuses autres applications parmi lesquelles on peut citer la séparation glucose / fructose, la séparation des isomères de position du crésol, des isomères optiques etc...

20 Art antérieur :

La séparation chromatographique SMB est bien connue dans l'état de la technique. En règle générale, un lit mobile simulé comporte au moins trois zones chromatographiques, avantageusement quatre ou cinq ou six zones, chacune de ces zones étant constituée par au moins un lit ou une portion de colonne et comprise entre deux points successifs d'alimentation ou soutirage. Typiquement, on alimente au moins une charge F à fractionner et un désorbant D (parfois appelé éluant) et l'on soutire au moins un raffinat R et un extrait E. Parfois, on alimente également un reflux RE riche en extrait. On peut également utiliser non pas un raffinat R, mais deux raffinats R1 et R2. Il y a donc généralement 4, 5, ou 6 fluides de procédés, alimentés ou soutirés de façon séquentielle. Les points d'alimentation et de soutirage sont modifiés au cours du temps, décalés dans le sens de l'écoulement et typiquement vers le bas d'un lit, et ce de façon synchrone.

Plusieurs variantes avantageuses permettent d'améliorer le fonctionnement de ce type d'unité en faisant appel à des permutations asynchrones. De façon simplifiée, ces permutations asynchrones servent à compenser le(s) volume(s) mort de(s) la pompe(s) de

recirculation, tel qu'indiqué dans le brevet US 5,578,215, à travailler avec un débit de recyclage constant sur la pompe de recirculation de manière à éliminer les à-coup de débit et de pression, tel qu'indiqué dans le brevet US 5,762,806, ou enfin à opérer avec au moins deux zones chromatographiques dont chacune est équivalente à un nombre non entier de lits d'adsorbant. Cette dernière variante, tel qu'indiquée dans les brevets US 6,136,198, US 6,375,839, US 6,712,973, et US 6,413,419 est connue sous le nom de Varicol®. Naturellement, ces trois variantes peuvent être combinées.

Il est à noter qu'une vanne rotative multivoie mettant en communication d'une part les fluides entrants et sortants et d'autre part les lits disposés dans la ou les colonnes d'adsorption ne permet qu'une permutation de type synchrone. Pour des permutations asynchrones, une pluralité de vannes tout ou rien est indispensable. Cet aspect technologique est exposé plus loin.

L'état de la technique décrit de façon approfondie différents dispositifs et procédés permettant d'effectuer la séparation de charges en lit mobile simulé. On peut citer notamment les brevets US 2,985,589, US 3,214,247, US 3,268,605, US 3,592,612, US 4,614,204, US 4,378,292, US 5,200,075, US 5,316,821. Ces brevets décrivent également en détail le fonctionnement d'un SMB.

Les dispositifs SMB comportent typiquement au moins une colonne (et souvent deux), des lits d'adsorbant A_i disposés dans cette colonne, séparés par des plateaux P_i à chambre(s) C_i de distribution et/ou d'extraction de fluides dans ou à partir des différents lits d'adsorbant, et des moyens commandés de distribution et d'extraction séquentiels de fluides.

Chacun des plateaux P_i comprend typiquement une pluralité de panneaux distributeurs-mélangeurs-extracteurs ou « $DME_{i,j}$ » alimentés par des lignes ou « araignées de distribution/extraction ». Les plateaux peuvent être de tout type et de toute géométrie, notamment à panneaux formant des secteurs adjacents de la section de la colonne, par exemple des panneaux à secteurs angulaires tels que présentés dans le brevet US 6,537,451 figure 8, qui sont à alimentation (araignée) symétrique, ou des secteurs parallèles tels que découpés dans une circonférence, ainsi qu'indiqué dans la demande publiée de brevet US 03/0,127,394, qui sont à alimentation dissymétrique. De façon préférée, la colonne de séparation comprend des plateaux à $DME_{i,j}$ de type à secteurs parallèles et alimentations dissymétriques. De façon également préférée, l'adsorbant est installé en chargement dense. Ceci permet d'utiliser une plus grande quantité d'adsorbant dans une

colonne donnée, et d'accroître la pureté du produit recherché et/ou le débit de charge du SMB.

La distribution sur chacun des lits requiert une collecte du flux provenant du lit précédent (fluide principal circulant selon l'axe principal de la colonne), la possibilité d'y injecter un fluide annexe ou fluide secondaire tout en mélangeant le mieux possible ces deux fluides, ou encore la possibilité de prélever une partie du fluide collecté, de l'extraire pour l'envoyer vers l'extérieur du dispositif et aussi de redistribuer un fluide sur le lit suivant.

Pour ce faire, on peut utiliser dans un plateau P_i des chambres $C_{i,k}$ de distribution (injection / extraction) qui peuvent être séparées ou communes avec des chambres de mélange. On connaît des plateaux P_i à une ou plusieurs chambres, soit alimentées (ou soutirées) séparément par des fluides différents à un instant donné, soit alimentées (ou soutirées) simultanément et en parallèle par le même fluide à un instant donné. Dans le premier cas, on dit que le plateau est à plusieurs réseaux de distribution, alors qu'il est à réseau de distribution unique dans le second cas. L'invention se rapporte exclusivement à un dispositif comprenant des plateaux à réseau de distribution unique.

De façon générale, on peut soit faire transiter l'intégralité du fluide ou flux principal dans la colonne selon un schéma décrit dans le brevet US 2,985,589, soit faire ressortir une grande partie ou la totalité de ce flux vers l'extérieur selon un procédé décrit dans le brevet US 5,200,075.

Un problème générique de l'ensemble des dispositifs SMB est de minimiser la pollution générée par le liquide se trouvant dans les différentes zones et volumes des circuits d'alimentation et de soutirage de fluides des plateaux, lors des modifications des points d'alimentation et de soutirage au cours du fonctionnement du SMB. En effet, lorsque, au cours de la séquence de fonctionnement, une ligne, chambre, ou zone d'alimentation d'un plateau P_i n'est plus balayée par un fluide de procédé, elle devient une zone morte dans lequel le liquide stagne, et n'est remis en mouvement que lorsqu'un autre fluide de procédé y circule à nouveau. Comme, de par le fonctionnement du SMB, il s'agit alors d'un fluide de procédé qui est différent, le liquide de la zone morte est nécessairement déplacé par un liquide de composition notablement différente. Le mélange, ou la circulation à bref intervalle de temps de fluides de compositions notablement différentes introduit donc une

perturbation par rapport au fonctionnement idéal, pour lequel les discontinuités de composition sont à proscrire.

Un autre problème peut résider dans les éventuelles recirculations entre différentes zones d'un même plateau, ce qui induit alors également une perturbation par rapport au
5 fonctionnement idéal.

Pour résoudre ces problèmes liés aux recirculations et aux zones mortes, différentes techniques sont déjà connues de l'art antérieur :

a) Il a déjà été proposé de réaliser un balayage (on utilise souvent également le mot anglais « flush ») des lignes et zones mortes par notamment du désorbant ou du produit
10 recherché, relativement pur. Cette technique permet effectivement d'éviter la pollution du produit désiré lors de son extraction. Toutefois, comme le liquide de balayage a typiquement une composition très différente du liquide qu'il déplace, cela introduit des discontinuités de composition préjudiciables au fonctionnement idéal. Cette première variante de balayage réalise typiquement des « balayages de courte durée à gradient de concentration élevé ».

15 Ces balayages sont de courte durée pour limiter les effets des discontinuités de composition.

b) Une autre solution consiste, comme il est décrit dans le brevet US 5,972,224, à faire transiter une majorité du flux principal vers l'intérieur de la colonne et une minorité de ce flux vers l'extérieur, typiquement de 2 % à 20 % du flux, par des lignes de dérivation
20 externes entre plateaux voisins. Ce balayage est typiquement réalisé pendant la majorité du temps ou en continu, de telle sorte que les lignes et zones ne soient plus « mortes », mais balayées. Un tel système avec balayage via des lignes de dérivation est présenté à la figure 1 du brevet US 5,972,224 et repris de façon simplifiée à la figure 1 de la présente demande. Les lignes de dérivation étant prévues pour un débit faible, elles peuvent être en
25 conséquence de petit diamètre, et comprendre une vanne de petit diamètre, ce qui réduit le coût du système.

Un premier avantage d'un tel système est que les circuits d'injection et de prélèvement des fluides secondaires sont balayés par du liquide ayant une composition très voisine du liquide déplacé puisque d'une part la dérivation provient du plateau voisin, et
30 d'autre part qu'il y a balayage non pas ponctuel mais sensiblement continu. De plus, on détermine de préférence les débits dans les dérivation de façon à ce que la vitesse de transit dans chaque dérivation soit sensiblement la même que la vitesse d'avancement du gradient de concentration dans le flux principal du SMB. Ainsi, d'une part on réalise un balayage des différentes lignes et capacités par un fluide qui a une composition

sensiblement identique à celle du liquide qui s'y trouve, et d'autre part on réintroduit le liquide circulant dans une dérivation en un point où la composition du flux principal est sensiblement identique. Cette deuxième variante réalise donc des « balayages de longue durée à gradient de concentration faible ou nul ».

5 Un second avantage de ce système à balayages de longue durée (hors périodes d'injection ou de soutirage), est qu'il permet de supprimer les effets de possibles recirculations entre zones d'un même plateau, dues à de petites différences de pertes de charge.

10 Pour ce qui concerne le fonctionnement d'un SMB, les moyens commandés de distribution et d'extraction de fluides d'un SMB sont typiquement de l'un des deux grands types suivants de technologie :

- soit, pour chaque plateau, une pluralité de vannes commandées tout ou rien pour l'alimentation ou le soutirage des fluides, ces vannes étant typiquement situées au voisinage
15 immédiat du plateau correspondant, et comprenant notamment, pour chaque plateau P_i au moins 4 vannes commandées tout ou rien à 2 voies pour respectivement les alimentations des fluides F et D et les soutirages des fluides E et R.
- soit une vanne rotative multi-voies pour l'alimentation ou le soutirage des fluides sur l'ensemble des plateaux.

20 La première technologie utilise des vannes à 2 voies, ce qui permet une fabrication standard en série conduisant à une fiabilité accrue et à un coût unitaire relativement faible. La seconde technologie n'utilise qu'une vanne unique, mais cette vanne unique est multivoie (comporte plus de 2 voies), et nécessairement de construction spéciale, de grande dimension et de complexité élevée. De plus cette seconde technologie exclut la possibilité
25 de permutations asynchrones, comme dans les dispositifs Varicol.

L'invention se rattache aux SMB utilisant des vannes conventionnelles à 2 voies, c'est-à-dire utilisant la première des deux technologies décrites ci-dessus. Elle concerne en particulier un dispositif perfectionné de séparation en lit mobile simulé comprenant une pluralité de vannes à 2 voies, à nombre de vannes commandées généralement un peu réduit, et surtout
30 en nombre notablement réduit pour les vannes commandées de grand diamètre d'ouverture, par rapport à l'art antérieur. Elle est utilisable aussi bien pour un SMB à permutations synchrones que pour un SMB à permutations asynchrones, par exemple un Varicol.

Description simplifiée de l'invention :

L'invention concerne un dispositif perfectionné de séparation en lit mobile simulé appartenant au grand type technologique des SMB utilisant une pluralité de vannes commandées (tout ou rien ou à ouverture progressive) à 2 voies, typiquement des vannes standard fabriquées en série à coût réduit pour un niveau de qualité (étanchéité / fiabilité) élevé requis.

L'un des buts essentiels de l'invention est de réduire l'inconvénient relatif de ce type de SMB qui est de requérir un nombre élevé de vannes commandées à 2 voies de grand diamètre, c'est-à-dire de diamètre d'ouverture compatible avec la circulation des fluides de procédé du SMB à leur débit nominal. L'invention permet typiquement de réduire notablement le nombre de vannes commandées de grand diamètre d'ouverture, tout en conservant l'avantage de pouvoir mettre en oeuvre un balayage efficace des zones mortes du type «de longue durée à gradient de concentration faible ou nul ».

Un autre but de l'invention est de présenter un dispositif qui nécessite un nombre de vannes à 2 voies de grand diamètre (d'ouverture) réduit sans que ces vannes aient une fréquence d'ouverture fermeture / augmentée par rapport à la solution de l'art antérieur, ce qui compte tenu du nombre réduit de vannes de grand diamètre limite les risques statistiques de dysfonctionnement et accroît donc la fiabilité du système.

De plus, une variante préférée du dispositif permet de réduire encore le nombre de vannes de grand diamètre qui permettent la circulation des principaux fluides du SMB à leur débit nominal.

Le dispositif selon l'invention peut être mis en oeuvre sur des installations neuves mais est également compatible avec diverses installations existantes sur lesquelles il peut être installé en réalisant des modifications limitées. Il est aussi compatible avec divers types et géométries de plateaux P_i , par exemple des plateaux à panneaux à secteurs angulaires ou bien à secteurs parallèles, dans la mesure où ces plateaux (ou la majorité d'entre eux) sont du type à réseau de distribution unique, pour l'alimentation ou le soutirage séquentiel d'un fluide de procédé du SMB.

Il a donc été trouvé un moyen permettant de réduire sensiblement le nombre des vannes commandées principales de grand diamètre, correspondant aux entrées sorties séquentielles des fluides de procédé du SMB à leur débit nominal : Dans l'art antérieur, il y a pour chaque plateau au moins un jeu de 4 vannes principales de réseau pour les alimentations / soutirages de F, D, R, E. Ce nombre est encore augmenté si l'on a plus de 4 fluides de procédé pour le SMB, par exemple si l'on a 2 raffinats R1, R2 et/ou si l'on utilise

un reflux RE riche en produit recherché, typiquement en extrait. On a alors autant de vannes commandées de grand diamètre par plateau que de fluides de procédé du SMB, soit le plus souvent entre 4 et 6, bornes comprises.

Les lignes de dérivation, de petit diamètre, ne sont dans l'art antérieur que des lignes annexes qui ne sont pas empruntées par les fluides F, D, R, E (E1), (E2) (RE) à leur débit nominal d'alimentation ou de soutirage, mais par un débit notablement plus faible, typiquement moins de 20% du débit circulant dans la colonne, souvent entre 2% et 10% de ce débit. Elles comprennent donc typiquement une vanne commandée à ouverture progressive (pour contrôle du débit de balayage) de petit diamètre d'ouverture (ou diamètre équivalent de même section de passage).

Selon l'invention, on regroupe la colonne, ou une partie principale (plus de 50% de la hauteur de la colonne au moins) de cette colonne en tronçons S_k superposés, chaque tronçon S_k comportant 2 lits d'adsorbants successifs A_i , A_{i+1} , et les 2 plateaux P_i , P_{i+1} situés respectivement immédiatement en dessous de ces lits, et comprenant également une ligne de dérivation principale L_k . Contrairement à l'art antérieur, la ligne de dérivation L_k est empruntée par les fluides du SMB à leur débit nominal (et non pas seulement par un petit débit de balayage), et l'on utilise un seul jeu de vannes principales de réseau (d'alimentation ou soutirage séquentiel) par tronçon de colonne (pour 2 plateaux et non par plateau comme dans l'art antérieur), ces vannes de grand diamètre étant raccordées à la ligne de dérivation L_k de façon à permettre la circulation de ces fluides via L_k .

Selon l'invention, on prévoit également des "vannes de plateau", soit une vanne de grand diamètre, respectivement V_i ou V_{i+1} pour chacun des plateaux P_i , P_{i+1} de S_k , ainsi que des moyens additionnels de limiter les petits débits de fluide de balayage circulant dans L_k .

Selon l'invention, on prévoit également une ligne de dérivation secondaire M_k reliant le tronçon S_k au tronçon adjacent immédiatement inférieur S_{k+1} . Ceci permet un excellent balayage de l'ensemble des plateaux du SMB et tend à améliorer la pureté du produit récupéré, typiquement de l'extrait.

Comme il sera explicité ci-après, notamment pour la description de la figure 2, qui permet de comprendre plus aisément l'invention, le nombre total de vannes commandées de grand diamètre est réduit.

Enfin, selon une disposition caractéristique du dispositif selon l'invention, les piquages des lignes L_k sur la colonne sont décalés d'au plus 20° à l'intérieur de S_k , pour limiter le volume des lignes L_k , et décalés d'un angle moyen compris entre 70° et 110° entre 2 tronçons voisins S_k et S_{k+1} pour ne pas fragiliser mécaniquement la colonne. Les plateaux

comprennent de préférence des panneaux $DME_{i,j}$ à secteurs parallèles dont la direction varie plateau par plateau ou par groupe de 2 plateaux.

L'invention concerne également un procédé de séparation SMB utilisant le dispositif ainsi décrit, notamment pour la séparation d'un aromatique, en particulier du paraxylène ou du métaxylène à partir d'une charge d'hydrocarbures aromatiques à 8 atomes de carbone.

L'invention concerne également un procédé de séparation SMB utilisant le dispositif ainsi décrit, notamment pour la séparation d'un hydrocarbure normal-paraffinique, ou d'un hydrocarbure oléfinique à partir d'une coupe comprenant un tel hydrocarbure.

Description détaillée de l'invention:

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et en consultant les figures 1 (art antérieur) et les figures 2 à 5b (dispositif ou partie de dispositif selon l'invention).

Pour réaliser l'un des buts précités, il est donc proposé selon l'invention un dispositif permettant de séparer au moins un composé à partir d'un mélange comprenant ce composé par adsorption en lit mobile simulé comportant :

au moins une colonne comprenant une pluralité de lits d'adsorbants A_i séparés par des plateaux distributeurs/extracteurs P_i pour l'alimentation et l'extraction séquentielles d'au moins deux fluides d'alimentation : une charge F et un désorbant D , et d'au moins deux fluides de soutirage : un raffinat R et un extrait E , P_i étant disposé entre le lit A_i et le lit immédiatement inférieur A_{i+1} ,

le dispositif comprenant également au moins un réseau F-Net de charge, un réseau D-Net de désorbant, un réseau R-Net de raffinat et un réseau E-Net d'extrait, chacun de ces réseaux étant relié à la colonne par une pluralité de lignes comprenant des vannes de sectionnement commandées à 2 voies de diamètre d'ouverture supérieur ou égal à une valeur α , appelées vannes de réseau, pour l'alimentation ou le soutirage séquentiels desdits fluides d'alimentation ou de soutirage,

dans lequel la colonne est divisée, sur la plus grande partie au moins de sa hauteur en une pluralité de tronçons superposés adjacents S_k , chaque tronçon S_k étant constitué par un tronçon de colonne comprenant essentiellement 2 lits d'adsorbant successifs A_i , A_{i+1} et les 2 plateaux distributeurs/extracteurs P_i , P_{i+1} qui sont disposés respectivement immédiatement en dessous de A_i et de A_{i+1} (c'est-à-dire exactement 2 lits et deux plateaux ainsi évidemment que le tronçon de virole correspondant),

chacun des plateaux distributeurs/extracteurs P_i , P_{i+1} de chacun des tronçons S_k est à réseau unique commun pour l'alimentation et le soutirage séquentiels de F, D, R, E , les plateaux P_i , P_{i+1} de chaque tronçon S_k sont reliés entre eux par une ligne de dérivation externe principale L_k connectée à chacun des plateaux P_i , P_{i+1} de S_k par un embout

5 comprenant une vanne de sectionnement commandée à 2 voies unique propre à ce plateau P_i ou P_{i+1} , appelée vanne de plateau V_i , ou V_{i+1} , de diamètre d'ouverture supérieur ou égal à la valeur α pour l'alimentation ou le soutirage séquentiels desdits fluides d'alimentation ou de soutirage dans ou à partir de P_i ,

chacune des dites lignes de dérivation L_k comprend au moins un moyen commandé de limitation du débit circulant dans L_k , qui est soit installé sur la ligne L_k soit en dérivation

10 autour d'une vanne de plateau V_i ou V_{i+1} d'un plateau de S_k , dans lequel la ligne de dérivation L_k de chacun des tronçons S_k est reliée à chacun des réseaux F-Net, D-Net, R-Net, E-Net via une ligne unique de diamètre interne supérieur ou égal à α comprenant une vanne de réseau unique, respectivement V_{Fk} , V_{Dk} , V_{Rk} , V_{Ek} ,

15 qui est de diamètre d'ouverture supérieur ou égal à α , pour l'alimentation ou le soutirage séquentiel du fluide correspondant F, D, R ou E vers ou à partir du tronçon S_k considéré, le dispositif comprenant également une pluralité de lignes de dérivation externes secondaires M_k , chacune des lignes M_k reliant les 2 tronçons adjacents S_{k-1} et S_k via 2 points de liaison,

20 le premier point de liaison étant disposé sur l'embout relié au plateau inférieur P_{i-1} du tronçon supérieur S_{k-1} , entre P_{i-1} et la vanne de plateau V_{i-1} , le second point de liaison étant disposé sur l'embout relié au plateau supérieur P_i du tronçon inférieur S_k , entre P_i et la vanne de plateau V_i ,

chacune des lignes de dérivation externes secondaires M_k comprenant une vanne

25 commandée à 2 voies V_{Mk} de diamètre interne d'ouverture inférieur ou égal à une valeur β , avec $\beta \leq 0,6 \alpha$,

ce dispositif comprenant au moins 2 tronçons superposés adjacents S_k et S_{k+1} , chacun à 2 plateaux distributeur/extracteurs, S_k comprenant les plateaux P_i et P_{i+1} reliés par une ligne de dérivation externe principale L_k raccordée à la colonne par deux embouts

30 comprenant respectivement les vannes de plateau V_i et V_{i+1} , et S_{k+1} comprenant les plateaux P_{i+2} et P_{i+3} reliés par une ligne de dérivation externe principale L_{k+1} raccordée à la colonne par deux embouts comprenant respectivement les vannes de plateau V_{i+2} et V_{i+3} , dans lequel les deux embouts de S_k sur la colonne présentent entre eux un décalage angulaire par rapport à l'axe de la colonne qui est nul ou inférieur ou égal à 20° , les deux

embouts de S_{k+1} sur la colonne présentent entre eux un décalage angulaire par rapport à l'axe de la colonne qui est nul ou inférieur ou égal à 20° , et les embouts de S_k présentent avec les embouts de S_{k+1} un décalage angulaire moyen compris entre 70° et 110° .

- 5 Typiquement α et β sont choisis de façon à vérifier l'inégalité suivante: $30 \text{ mm} \leq 1,7 \times \beta \leq \alpha \leq 600 \text{ mm}$. On voit que les vannes V_{Mk} de diamètre interne d'ouverture inférieur ou égal à β sont beaucoup plus petites et moins onéreuses que les vannes de diamètre interne d'ouverture supérieur ou égal à α .

- 10 Contrairement au dispositif selon l'art antérieur, le dispositif selon l'invention permet d'utiliser la ligne de dérivation L_k pour la circulation des fluides F, D, R, E (et de préférence les autres fluides de procédé éventuels) alimentés au SMB et soutirés du SMB au niveau du tronçon S_k , via un jeu unique de vannes de réseau correspondantes, au lieu d'un jeu de vannes de réseau par plateau P_i comme selon l'art antérieur. Ceci permet une réduction du nombre global de vannes commandées de grand diamètre, même en tenant compte de l'ajout de
15 vannes supplémentaires, à savoir les vannes de plateau V_i , comme il sera montré ci-après lors de la description des figures 2 et 3.

Les vannes commandées précitées: vannes de réseau et vannes de plateau V_i sont typiquement des vannes de haute qualité (fiabilité, étanchéité, durée de vie) réalisant le fonctionnement séquentiel du SMB.

- 20 De façon plus générale, toutes les vannes commandées assurant le fonctionnement séquentiel du SMB : vannes de réseau, vannes V_i de plateau, et aussi vannes des moyens commandés de limitation du débit circulant dans L_k doivent être considérées selon l'invention comme les vannes "principales" du SMB, reliées à la colonne et commandées par le système de commande du fonctionnement séquentiel du SMB (ordinateur, automate
25 programmable ou autre système équivalent).

- Certaines vannes principales du fonctionnement séquentiel du SMB ont été mentionnées précédemment comme étant uniques selon l'invention : V_i pour chaque plateau P_i ; jeu unique de vannes de réseau $V_{Fk}, V_{Dk}, V_{Rk}, V_{Ek}, \dots$ pour chaque tronçon S_k . Ces vannes sont exclusivement celles permettant le fonctionnement séquentiel du SMB. On ne sortirait
30 cependant pas du cadre de l'invention si l'on utilisait en sus d'autres vannes telles que des vannes secondaires d'isolement occasionnel, typiquement de qualité bien inférieure, commandées ou non, mais ne participant pas au fonctionnement séquentiel du SMB et permettant par exemple le démontage d'un équipement quelconque: pompe ou vanne principale utilisée pour le fonctionnement séquentiel etc....

Typiquement, la ligne de dérivation L_k , qui est utilisée pour le transit de tous les fluides F, D, R, E,..... à leur débit nominal n'est plus, dans le dispositif selon l'invention, une petite ligne annexe comme dans l'art antérieur, mais a généralement un diamètre intérieur au moins égal au plus grand diamètre d'ouverture des vannes de réseau reliées à L_k , de façon à pouvoir faire circuler les fluides F, D, R, E à leur débit nominal sans limitation de capacité. Le débit nominal d'un fluide de procédé est par définition le débit contrôlé de ce fluide, qui est utilisé au cours du fonctionnement séquentiel du SMB, pour la séparation voulue.

Du fait de l'utilisation de lignes de dérivation L_k aptes à véhiculer des débits nominaux relativement importants, on utilise avantageusement des moyens commandés de limitation du débit afin de réaliser également les circulations en dérivation dans L_k à faible débit (typiquement de 2 à 20% du débit circulant dans la colonne). Le terme "circulation en dérivation" signifie ici qu'une fraction (faible) du débit circulant dans la colonne est soutirée d'un plateau et réintroduite sur un autre plateau du même tronçon S_k . Le terme moyens commandés s'applique typiquement à une vanne commandée, typiquement au moyen d'une chaîne de régulation, à partir de l'information fournie par un débitmètre.

On peut à cet effet utiliser une vanne de régulation de débit installée directement sur la ligne L_k , comme représenté sur la figure 3. Cette vanne est alors typiquement une vanne à ouverture progressive de grand diamètre, et non une vanne commandée tout ou rien (ayant seulement 2 positions possibles : pleine ouverture et fermeture).

Cependant, selon une variante préférée de l'invention, représentée à la figure 2, au moins une, ou de préférence chacune des lignes de dérivation L_k comprend un moyen commandé de limitation du débit circulant dans L_k , qui n'est pas installé directement sur L_k mais en dérivation autour d'une vanne de plateau de l'un plateau de S_k , par exemple autour de la vanne de plateau V_{i+1} du plateau inférieur P_{i+1} . Ce moyen de limitation de débit, disposé sur une petite dérivation annexe l_k comprend généralement une vanne commandée v_{i+1} de plus petit diamètre d'ouverture que celui de V_{i+1} , par exemple de diamètre d'ouverture au plus égal à 60%, ou à 50% de celui de V_{i+1} , par exemple compris entre 10% et 50% du diamètre d'ouverture de V_{i+1} .

La vanne v_{i+1} , est typiquement de diamètre d'ouverture inférieur ou égal à β et souvent inférieur ou égal à la moitié de α . Le dimensionnement de cette vanne de contrôle du débit de balayage est en effet avantageusement le même que celui de la vanne V_{Mk} disposée sur M_k . Dans les deux cas, il s'agit d'assurer la régulation d'un débit limité de balayage. Ainsi, de la même façon, chacune des lignes de dérivation secondaires M_k comprend typiquement au

moins un moyen commandé de limitation du débit circulant dans M_k , ce moyen comprenant la vanne V_{Mk} .

Lorsqu'on veut effectuer un balayage interne en dérivation via L_k et limiter ce débit interne (circulant typiquement du plateau supérieur P_i de S_k vers le plateau inférieur P_{i+1} de S_k), on
5 laisse la vanne de plateau V_{i+1} fermée, l'on ouvre la petite vanne v_{i+1} en dérivation autour de V_{i+1} , cette vanne v_{i+1} opérant en contrôle de débit, et l'on ouvre V_i , permettant ainsi la circulation d'un débit de balayage limité provenant de P_i et recyclé dans P_{i+1} via L_k et I_k (voir figure 2).

Ainsi, l'utilisation d'une petite dérivation annexe I_k permet d'utiliser une vanne de plus petit
10 diamètre d'ouverture que si le moyen de limitation de débit est installé sur la ligne de dérivation principale L_k , qui est de relativement plus grand diamètre du fait que L_k doit permettre la circulation des fluides F, D, R, E,... à leur débit nominal.

Selon l'invention, l'embout comprenant V_{i+1} doit être interprété comme ne comprenant pas la petite dérivation secondaire I_k autour de V_{i+1} , ni la petite vanne v_{i+1} disposée sur I_k . Cet
15 embout comprend donc bien une vanne unique V_{i+1} permettant la circulation des fluides principaux F, D, R, E,.....

Le dispositif selon l'invention conduit également à limiter les longueurs des lignes de dérivation externes L_k et L_{k+1} puisque les embouts de raccordement (ou piquages, un embout étant aussi un piquage sur la colonne) de chacune de ces lignes sont superposés,
20 ou à décalage angulaire faible (au plus 20°). Ceci est favorable du point de vue de la limitation des volumes intérieurs de lignes qu'il faut balayer lorsqu'on change de fluide alimenté/extrait. Le dispositif permet toutefois grâce à un décalage angulaire moyen important, compris entre 70° et 110° entre les embouts de deux tronçons adjacents superposés S_k et S_{k+1} d'éviter de fragiliser mécaniquement la colonne par une accumulation
25 d'embouts (c'est-à-dire aussi de piquages) sensiblement superposés sur une même génératrice de la colonne.

Selon l'invention, le terme orientation d'un embout, ou piquage s'applique à la droite orientée, partant du centre du plateau, sur l'axe de la colonne, et dirigée vers cet embout (à
30 son point de raccordement avec la colonne). Par définition, le décalage angulaire entre deux orientations d'embouts (pour deux plateaux différents) est le plus petit angle formé par les orientations des embouts de ces deux plateaux, en projection sur le même plan horizontal de référence. Il s'agit donc d'un angle toujours compris dans l'intervalle $[0^\circ - 180^\circ]$. L'orientation moyenne de deux embouts (pour un ensemble de deux plateaux différents)

présentant un décalage angulaire d'un angle $\alpha < 180^\circ$, est par définition l'orientation médiane, correspondant à un décalage angulaire de $\alpha / 2$ par rapport aux deux orientations des embouts considérés. Le décalage angulaire moyen entre les embouts de deux tronçons S_k et S_{k+1} est le décalage angulaire des orientations moyennes des embouts de ces deux tronçons.

Typiquement, la colonne entière, à l'exception de la tête de colonne comprenant le plateau de tête, et optionnellement du fond de colonne comprenant le lit inférieur et/ou le plateau inférieur, est constituée par une pluralité de tronçons superposés à 2 plateaux, dans laquelle les deux embouts d'un même tronçon S_k présentent entre eux un décalage angulaire par rapport à l'axe de la colonne nul ou inférieur ou égal à 20° , et deux tronçons adjacents superposés quelconques présentent entre eux un décalage angulaire moyen de leurs embouts compris entre 70° et 110° .

Le plateau inférieur peut aussi appartenir à un tronçon S_k , avec raccordement de L_k en point bas à la ligne de sortie de colonne (et non plus à la colonne), et présenter alors de préférence les mêmes caractéristiques de décalage angulaire entre ses deux piquages (nul ou inférieur ou égal à 20°), ainsi qu'un décalage angulaire moyen de ces piquages par rapport à ceux du tronçon S_{k-1} immédiatement supérieur, qui est typiquement compris entre 70° et 110° .

Dans ce cas, on assimile selon l'invention la ligne de sortie inférieure en fond de colonne à un plateau P_n correspondant au lit d'adsorbant inférieur A_n . En effet, il n'y a typiquement pas de plateau P_n en dessous du lit d'adsorbant A_n disposé en fond de colonne, car il n'y a pas de nécessité de distribuer les fluides dans un lit immédiatement inférieur. Aussi, selon l'invention, on considère dans ce cas que le plateau P_n manquant est remplacé par la ligne de sortie inférieure de la colonne, typiquement reliée soit à l'entrée de la même colonne, via une pompe de recirculation, soit à la tête d'une deuxième colonne de séparation.

De préférence, les embouts d'un tronçon S_k quelconque présentent entre eux un décalage angulaire sensiblement nul, et deux tronçons adjacents superposés quelconques présentent entre eux un décalage angulaire moyen de leurs embouts de sensiblement 90° . Dans ce cas, les lignes de dérivation L_k sont typiquement parallèles à une génératrice de la colonne, et donc de longueur minimale.

Selon une autre caractéristique préférée de l'invention, on utilise des plateaux formés de panneaux $DME_{i,j}$ à secteurs parallèles, tels que représentés aux figures 4a et 4b; On utilise

alors avantageusement les décalages angulaires des piquages pour changer l'orientation de ces panneaux $DME_{i,j}$ à secteurs parallèles.

Ce changement de direction des panneaux à secteurs parallèles (ou d'orientation des panneaux) permet de limiter les hétérogénéités locales de circulation des fluides dues à la géométrie des plateaux et à leur système d'alimentation / extraction : En évitant une orientation uniforme des panneaux, et en changeant au contraire leur orientation, de préférence d'un angle voisin de 90° , on évite un cumul des effets des hétérogénéités de circulation le long de la colonne. Par exemple une circulation moindre au niveau d'une zone locale d'un plateau sera partiellement ou totalement compensée par une zone de circulation accrue d'un plateau inférieur située dans la même partie de la colonne. Ceci tend à égaliser les fronts d'adsorption des produits sur une section de la colonne.

Selon l'invention, on parle indifféremment de panneaux ou de secteurs.

Selon l'invention, le terme "direction des secteurs parallèles" s'applique à la droite, non orientée dans un sens ou dans l'autre, située dans un plan horizontal de référence, qui est parallèle aux secteurs considérés et passe par l'axe de la colonne.

Par définition, le décalage angulaire entre deux directions (ou orientations) de panneaux à secteurs parallèles (de deux plateaux différents) est le plus petit angle formé par les directions des secteurs parallèles de ces deux plateaux, en projection sur le même plan horizontal de référence. Il s'agit donc d'un angle toujours compris dans l'intervalle $[0^\circ - 90^\circ]$.

La direction (ou orientation) moyenne de secteurs parallèles de deux plateaux différents dont l'une des directions est décalée d'un angle $\alpha < 90^\circ$ par rapport à l'autre, est par définition la direction médiane, correspondant à un angle décalé de $\alpha / 2$ par rapport aux deux directions considérées.

Ainsi, selon une première variante de conception des plateaux du dispositif, chaque plateau P_i d'un tronçon S_k est subdivisé en une pluralité de panneaux $DME_{i,j}$ à secteurs parallèles à une direction, raccordés à un embout unique (EM_i) pour l'alimentation des fluides d'alimentation et l'extraction des fluides soutirés, et pour tout plateau d'un tronçon S_k , les directions des panneaux à secteurs parallèles des plateaux d'un même tronçon S_k présentent un décalage angulaire nul ou inférieur ou égal à 20° , et la direction moyenne des panneaux à secteurs parallèles des plateaux d'un tronçon S_k présente un décalage angulaire compris entre 70° et 90° bornes comprises par rapport à celle des panneaux d'un tronçon voisin S_{k+1} ou S_{k-1} .

La direction des secteurs parallèles de ce plateau présente de préférence un décalage angulaire constant avec l'embout raccordé à ce plateau, ce décalage constant étant typiquement soit sensiblement nul soit sensiblement égal à 90° .

Selon cette variante, les directions des panneaux $DME_{i,j}$ à secteurs parallèles des plateaux d'un même tronçon S_k sont donc sensiblement voisines ou identiques (à au plus 20° de décalage). A contrario, les directions moyennes des panneaux à secteurs parallèles des plateaux changent d'un angle compris entre 70° et 90° lorsqu'on passe d'un tronçon S_k à un tronçon adjacent. Il y a donc un changement important de direction (voisin de 90°) des panneaux, 2 plateaux par 2 plateaux (tronçon par tronçon).

Selon une seconde variante de conception des plateaux et du dispositif, chaque plateau P_i d'un tronçon S_k est subdivisé en une pluralité de secteurs parallèles à une direction, raccordés à un embout unique pour l'alimentation des fluides d'alimentation et l'extraction des fluides soutirés, et, pour chaque ensemble de deux plateaux superposés adjacents appartenant à un même tronçon S_k ou à deux tronçons superposés, la direction des panneaux à secteurs parallèles de l'un des plateaux présente un décalage angulaire compris entre 70° et 90° , bornes comprises, avec la direction des secteurs parallèles de l'autre plateau.

Selon cette variante, les directions des secteurs parallèles des deux plateaux d'un même tronçon S_k sont sensiblement décalées de 90° , et ce même décalage existe lorsqu'on passe du plateau inférieur de S_k au plateau inférieur adjacent appartenant au tronçon inférieur S_{k+1} . Les alternances de direction des secteurs parallèles se produisent donc dans ce cas à chaque plateau, et non plus à chaque groupe de 2 plateaux (à chaque tronçon), ce qui augmente les alternances de direction des secteurs. Par contre, comme les 2 embouts ont un décalage angulaire faible ou nul à l'intérieur d'un même tronçon, ce changement de direction nécessite alors deux conceptions différentes de plateau, avec des orientations de secteurs décalées de 90° , comme il sera explicité lors de la description des figures.

Typiquement, la ligne de dérivation L_k a un diamètre intérieur au moins égal au plus grand diamètre d'ouverture des vannes de réseau reliées à L_k . Ainsi, le diamètre de L_k ne constitue pas une limitation de débit par rapport au diamètre d'ouverture des vannes de réseau connectées directement à L_k .

Comme déjà mentionné, le SMB peut fonctionner avec un reflux RE, comprenant de l'extrait, ou typiquement riche en produit recherché obtenu en distillant l'extrait pour éliminer le désorbant (comprenant plus de 50%, ou même 90% voire 99% de produit recherché). De préférence, le dispositif selon l'invention comprend alors un réseau d'alimentation séquentielle RE-Net du reflux RE, ce réseau étant relié à chacun des tronçons S_k via une ligne unique de diamètre interne supérieur ou égal à α comprenant une vanne de réseau unique V_{REk} , qui est de diamètre d'ouverture supérieur ou égal à α . Ainsi, le réseau du reflux est raccordé de façon identique à ceux des autres fluides de procédé F, D, R, E.

- 10 De façon analogue, le SMB peut aussi fonctionner avec un soutirage séquentiel d'un second raffinat R2, et dans ce cas, le dispositif selon l'invention comprend de préférence un réseau R2-Net relié à chacun des tronçons S_k via une ligne unique de diamètre interne supérieur ou égal à α comprenant une vanne de réseau unique V_{REk} , qui est de diamètre d'ouverture supérieur ou égal à α . Ainsi, le réseau du second raffinat est raccordé de façon identique à
- 15 ceux des autres fluides de procédé F, D, R, E, (RE).

L'invention concerne également un procédé de séparation d'un produit utilisant un dispositif tel que décrit précédemment. Typiquement, au cours d'un cycle:

- on utilise séquentiellement chacune des lignes L_k pour la circulation à leur débit nominal de F, D, R, E, et optionnellement un reflux RE et/ou un second raffinat R2 vers ou à partir de chacun des plateaux de S_k via en série la vanne de plateau correspondante et la vanne de réseau correspondante,
- on réalise un balayage à débit inférieur à celui des débits nominaux des fluides F, D, R, E, et optionnellement RE et/ou R2, de chacune des lignes de dérivation externes principales L_k pendant une partie du temps au moins dans laquelle aucune vanne de réseau reliée à L_k n'est ouverte, par un courant interne provenant d'un plateau du dispositif et recyclé vers un autre plateau du dispositif, et l'on stoppe tout balayage interne de L_k lorsque qu'une vanne de réseau reliée à L_k est ouverte
- on réalise un balayage à débit inférieur à celui des débits nominaux des fluides F, D, R, E de chacune des lignes de dérivation externes secondaires M_k pendant une partie du temps au moins, par un courant interne provenant d'un plateau du dispositif et recyclé vers un autre plateau du dispositif.

Le procédé selon l'invention utilise donc le dispositif SMB en réalisant efficacement les balayages par circulation de plateau à plateau via les lignes de dérivation externes L_k et M_k .

Typiquement, le balayage de L_k est réalisé par circulation d'un courant issu du plateau supérieur P_i de S_k , recyclé au plateau inférieur P_{i+1} de S_k .

Typiquement également, le balayage de M_k est réalisé par circulation d'un courant issu du plateau inférieur P_{i-1} de S_{k-1} , recyclé au plateau supérieur P_i de S_k .

- 5 Généralement, on réalise un balayage interne de L_k à partir du plateau supérieur P_i de S_k vers le plateau inférieur P_{i+1} de S_k , dans toute période où S_k n'est pas relié à l'un desdits réseaux fluides d'alimentation séquentielle ou de soutirage séquentiel et qui se trouve immédiatement avant une période où l'une des vannes de réseaux reliées à S_k est ouverte pour l'alimentation ou le soutirage de l'un de ces fluides vers ou à partir du plateau supérieur
- 10 P_i . Ce balayage interne conduit à l'ouverture de V_i dans la période précédant une période d'alimentation ou de soutirage du plateau P_i (ce qui requiert aussi l'ouverture de V_i) et évite un mouvement d'ouverture ou fermeture de V_i entre ces périodes consécutives. La réduction du nombre de mouvements de vannes réduit l'usure de ces vannes et accroît la fiabilité du dispositif et du procédé associé.

15

On réalise des balayages internes d'au moins deux et typiquement de la totalité des lignes de dérivation L_k . Généralement, pour une ligne L_k (ou M_k) donnée, le balayage interne dure pendant au moins 20%, souvent au moins 40 %, ou même au moins 50 % du temps.

- 20 De préférence, pour chacune des lignes de dérivation L_k , on réalise un balayage de L_k lors de toute partie du temps dans laquelle aucune vanne de réseau reliée à L_k n'est ouverte.

Typiquement, L_k est empruntée par chacun des fluides F , D , R , E sur la totalité de sa longueur au cours d'un cycle. Ceci évite toute zone morte dans L_k .

- 25 Les vannes de plateau V_{i-1} et V_i des embouts reliés par une ligne de dérivation externe secondaire M_k sont de préférence fermées lorsqu'on réalise un balayage de M_k . Ceci permet d'éviter un mélange partiel du débit de balayage avec le fluide se trouvant dans L_k .

On peut réaliser un balayage de M_k lors de toute partie du temps dans laquelle les vannes de plateau V_{i-1} et V_i des embouts reliés par la ligne de dérivation externe secondaire M_k sont fermées.

- 30 Selon une variante de réalisation du procédé selon l'invention, on réalise des permutations asynchrones des points d'alimentation et de soutirage des fluides F , D , R , E dans la colonne.

On peut aussi utiliser le dispositif avec des zones chromatographiques dont certaines au moins sont équivalentes à un nombre non entier de lits d'adsorbant, typiquement en Varicol.

L'invention n'est pas liée à une séparation particulière, mais peut être utilisée pour toutes les séparations en lit mobile simulé. On peut par exemple réaliser un procédé de séparation d'un hydrocarbure aromatique, par exemple du paraxylène ou du métaxylène à partir d'une charge d'aromatiques ayant essentiellement 8 atomes de carbone et comprenant cet hydrocarbure.

On peut aussi réaliser un procédé de séparation d'au moins un hydrocarbure normal-paraffinique à partir d'une charge d'hydrocarbures comprenant un tel hydrocarbure, ou un procédé de séparation d'au moins un hydrocarbure oléfinique à partir d'une charge d'hydrocarbures comprenant un tel hydrocarbure.

Description des figures et fonctionnement des dispositifs représentés:

L'invention sera comprise aisément en suivant la description des figures annexées dans lesquelles:

La figure 1 représente schématiquement une partie d'un dispositif SMB selon l'art antérieur, avec les vannes de réseau correspondantes.

La figure 2 représente schématiquement une partie d'un dispositif SMB selon l'invention, comprenant trois tronçons superposés S_k , S_{k+1} , S_{k+2} , avec les dérivations principales, secondaires, les vannes de réseau, les vannes de plateau et les vannes de limitation de débit correspondantes.

La figure 3 représente schématiquement une partie d'un dispositif SMB selon l'invention, comprenant des vannes de limitation de débit situées sur les lignes L_k , L_{k+1} elles-mêmes.

Les figures 4a, 4b, 4c, et 4d représentent quatre variantes de plateau P_i à secteurs parallèles avec leur réseau d'alimentation/extraction.

Les figures 5a et 5b représentent deux variantes de disposition de 4 plateaux successifs adjacents, correspondant chacune à deux tronçons S_k et S_{k+1} .

On se réfère maintenant à la figure 1 représentant une partie de colonne chromatographique d'un SMB selon l'art antérieur. Chacun des lits d'adsorbants A_i , A_{i+1} , A_{i+2} , A_{i+3} , A_{i+4} , A_{i+5} est disposé au dessus d'un plateau P_i , P_{i+1} , P_{i+2} , P_{i+3} , P_{i+4} , P_{i+5} et chacun de ces plateaux est relié par une ligne, respectivement 3, 4, 5, 6, 7, 8 à chacun des 4 réseaux fluides F, D, R, E par une vanne (non référencée). Il y a donc 4 vannes principales par plateau. De plus, les plateaux sont reliés deux à deux par une ligne de dérivation 1a, 1b, 1c, typiquement de relativement petit diamètre, et comprenant une vanne de relativement petit diamètre

(inférieur ou égal à une valeur β), respectivement 2a, 2b, 2c pour permettre le passage d'un débit de dérivation limité : 2 % à 20 % du débit circulant dans la colonne.

Au total, il y a donc, pour chaque plateau P_i , 4 vannes principales de relativement grand diamètre d'ouverture, supérieur ou égal à une valeur $\alpha > \beta$ (compatible avec les débits nominaux de F, D, R, E, et en moyenne 0,5 vanne de petit diamètre (une pour 2 plateaux), soit en moyenne 4,5 vannes par plateau dont quatre de grand diamètre d'ouverture, supérieur ou égal à α .

Le fonctionnement d'un SMB utilisant une telle colonne est bien connu de l'homme de l'art.

Typiquement la vanne 2a, ou 2b, ou 2c d'une ligne de dérivation est ouverte, et règle un débit limité de balayage, lorsque aucun fluide F, D, R, E n'est alimenté ou soutiré de l'un des 2 plateaux reliés par la ligne de dérivation (dérivation temporairement en service). Inversement la vanne 2a, ou 2b, ou 2c d'une ligne de dérivation est fermée lorsque l'un des fluides F, D, R, E est alimenté ou soutiré de l'un des 2 plateaux reliés par la ligne de dérivation (dérivation temporairement hors service).

La figure 2 représente une partie de colonne d'un dispositif selon l'invention comprenant 3 tronçons S_k , S_{k+1} , S_{k+2} , chacun comprenant 2 lits d'adsorbant et 2 plateaux situés immédiatement en dessous. Les 2 plateaux de chaque tronçon sont reliés par une ligne de dérivation principale, de relativement grand diamètre, typiquement supérieur ou égal à α , respectivement L_k , L_{k+1} , L_{k+2} , qui est apte à la circulation des fluides F, D, R, E,... à leur débit nominal. Chaque ligne de dérivation est reliée à un ensemble de 4 vannes de réseau de relativement grand diamètre d'ouverture, supérieur ou égal à α pour l'alimentation et le soutirage séquentiel des fluides de procédé. Contrairement à l'art antérieur, cet ensemble de 4 vannes de réseau alimente non pas 1 mais 2 plateaux.

Ainsi, pour le premier tronçon S_k , il y a 4 vannes de réseau V_{Fk} , V_{Dk} , V_{Rk} , V_{Ek} alimentant à la fois P_i et P_{i+1} .

Chaque plateau est par ailleurs relié à la ligne de dérivation correspondante L_k , ou L_{k+1} , ou L_{k+2} par un embout (correspondant à la partie de ligne horizontale sur la figure) comprenant une vanne de sectionnement commandée à 2 voies unique propre au plateau, appelée vanne de plateau : V_i , V_{i+1} , V_{i+2} , V_{i+3} , V_{i+4} , V_{i+5} . Chaque vanne de plateau inférieure d'un tronçon: V_{i+1} , V_{i+3} , V_{i+5} possède par ailleurs une petite ligne de dérivation secondaire I_k , I_{k+1} , I_{k+2} munie d'une vanne typiquement de relativement petit diamètre: V_{i+1} , V_{i+3} , V_{i+5} .

Chaque plateau est également relié à une ligne de dérivation secondaire M_k ou M_{k+1} ou M_{k+2} , équipé d'une vanne de relativement petit diamètre V_{Mk} ou V_{Mk+1} ou V_{Mk+2} .

Au total, pour chaque tronçon de 2 plateaux, il y a 4 vannes de réseau de relativement grand diamètre, 2 vannes de plateau, elles aussi de relativement grand diamètre pour permettre la circulation à leur débit nominal de F, D, R, E,... et deux vannes de relativement petit diamètre en dérivation (annexe et secondaire), soit 8 vannes, et donc en moyenne 4 vannes par plateau dont 3 vannes de grand diamètre. On gagne donc une vanne de grand diamètre par plateau si l'on compare ce dispositif avec celui de la figure 1 selon l'art antérieur.

10 Le dispositif fonctionne de la façon suivante:

Pour le tronçon S_k par exemple, lorsqu'on veut, dans une période donnée, alimenter ou soutirer l'un des fluides F, D, R, E au plateau P_i , on ouvre la vanne de réseau correspondante V_{Fk}, V_{Dk}, V_{Rk} , ou V_{Ek} ainsi que la vanne de plateau V_i . Les autres vannes de réseau du tronçon S_k sont alors fermées, ainsi que V_{i+1} , la petite vanne en dérivation secondaire V_{Mk} de la ligne de dérivation secondaire supérieure M_k et la petite vanne en dérivation annexe v_{i+1} . Par contre, la petite vanne de dérivation secondaire V_{Mk+1} de la ligne de dérivation secondaire M_{k+1} est de préférence ouverte

Lorsqu'on veut, dans une autre période, alimenter ou soutirer l'un des fluides F, D, R, E au plateau P_{i+1} , on ouvre la vanne de réseau correspondante V_{Fk}, V_{Dk}, V_{Rk} , ou V_{Ek} ainsi que la vanne de plateau V_{i+1} . Les autres vannes de réseau du tronçon S_k sont alors fermées, ainsi que V_i . La petite vanne en dérivation annexe v_{i+1} peut rester fermée. La petite vanne de dérivation secondaire V_{Mk} de la ligne de dérivation secondaire supérieure M_k est de préférence ouverte, et la petite vanne de dérivation secondaire V_{Mk+1} de la ligne de dérivation secondaire M_{k+1} est obligatoirement fermée.

25 Lorsqu'on veut, dans une troisième période, ne pas alimenter ni soutirer l'un des fluides F, D, R, E aux plateaux P_i et P_{i+1} , on ferme les vannes de réseau V_{Fk}, V_{Dk}, V_{Rk} , et V_{Ek} . On réalise alors une circulation d'un débit limité de dérivation dans la ligne L_k (soutiré de P_i et injecté dans P_{i+1}) en ouvrant V_i , fermant V_{i+1} et ouvrant la petite vanne en dérivation annexe v_{i+1} . On peut ainsi assurer via L_k un petit débit de dérivation. v_{i+1} est typiquement une vanne de régulation (à ouverture progressive) pilotée par régulation de débit à partir d'un débitmètre non représenté.

Lorsqu'on veut, au cours d'une quatrième période, 1°) ne pas alimenter ni soutirer l'un des fluides F, D, R, E aux plateaux P_i et P_{i+1} , on ferme les vannes de réseau V_{Fk}, V_{Dk}, V_{Rk} , et V_{Ek} . Et 2°) avoir un débit de dérivation nul dans la ligne L_k , on ferme V_i, V_{i+1} et la petite vanne

en dérivation annexe v_{i+1} . On réalise alors une circulation d'un débit limité dans la ligne de dérivation secondaire M_k et éventuellement dans M_{k+1} , sauf lorsque les plateaux P_{i-1} ou P_{i+2} sont en phase de'alimentation ou de soutirage, auquel cas la ligne de dérivation secondaire correspondante doit rester hors service.

- 5 Les autres tronçons S_{k+1} , S_{k+2} fonctionnent de façon analogue.

Un exemple type de fonctionnement d'un tronçon S_k est par exemple le suivant, dans lequel les vannes pour le fonctionnement de S_k qui sont ouvertes sont mentionnées, les vannes non mentionnées étant fermées: Seules les circulations en dérivation secondaire dans M_k ,
10 pour le balayage de P_i sont décrites (pas celles dans M_{k+1}).

Période 1: Balayage en dérivation de P_i vers P_{i+1} . vannes ouvertes: V_i , v_{i+1} .

Période 2: Injection de désorbant dans P_i . vannes ouvertes: V_i , V_{DK} .

Période 3: Injection de désorbant dans P_{i+1} . vannes ouvertes: V_{i+1} , V_{DK} . Et Balayage en dérivation de P_{i-1} vers P_i . Vanne ouverte: V_{Mk} .

- 15 Période 4: Balayage en dérivation de P_i vers P_{i+1} . vannes ouvertes: V_i , v_{i+1} .

Période 5: Soutirage de raffinat de P_i . vannes ouvertes: V_i , V_{Rk} .

Période 6: Soutirage de raffinat de P_{i+1} . vannes ouvertes: V_{i+1} , V_{Rk} . Et balayage en dérivation de P_{i-1} vers P_i . vanne ouverte: V_{Mk} .

Période 7: Balayage en dérivation de P_i vers P_{i+1} . vannes ouvertes: V_i , v_{i+1} .

- 20 Période 8: Balayage en dérivation de P_{i-1} vers P_i . vanne ouverte: V_{Mk} .

Période 9: Balayage en dérivation de P_i vers P_{i+1} . vannes ouvertes: V_i , v_{i+1} .

Période 10: Balayage en dérivation de P_{i-1} vers P_i . vanne ouverte: V_{Mk} .

Période 11: Balayage en dérivation de P_i vers P_{i+1} . vannes ouvertes: V_i , v_{i+1} .

Période 12: Injection de charge dans P_i . vannes ouvertes: V_i , V_{Fk} .

- 25 Période 13: Injection de charge dans P_{i+1} . vannes ouvertes: V_{i+1} , V_{Fk} . Et Balayage en dérivation de P_{i-1} vers P_i . vanne ouverte: V_{Mk} .

Période 14: Balayage en dérivation de P_i vers P_{i+1} . vannes ouvertes: V_i , v_{i+1} .

Période 20: Balayage en dérivation de P_{i-1} vers P_i . vanne ouverte: V_{Mk} .

Période 16: Balayage en dérivation de P_i vers P_{i+1} . vannes ouvertes: V_i , v_{i+1} .

- 30 Période 17: Balayage en dérivation de P_{i-1} vers P_i . vanne ouverte: V_{Mk} .

Période 18: Balayage en dérivation de P_i vers P_{i+1} . vannes ouvertes: V_i , v_{i+1} .

Période 19: Balayage en dérivation de P_{i-1} vers P_i . vanne ouverte: V_{Mk} .

Période 20: Balayage en dérivation de P_i vers P_{i+1} . vannes ouvertes: V_i , v_{i+1} .

Période 21: Soutirage d'extrait de P_i . vannes ouvertes: V_i , V_{Ek} .

Période 22: Soutirage d'extrait de P_{i+1} . vannes ouvertes: V_{i+1} , V_{Ek} . Et balayage en dérivation de P_{i-1} vers P_i . vanne ouverte: V_{Mk} .

Période 23: Balayage en dérivation de P_i vers P_{i+1} . vannes ouvertes: V_i , V_{i+1} .

Période 24: Balayage en dérivation de P_{i-1} vers P_i . vanne ouverte: V_{Mk} .

5 Les principes permettant d'établir le séquençement préféré sont les suivants :

- 1) A chaque fois que l'on prélève ou que l'on injecte un des fluides principaux (F, D, R, E) au moyen d'une vanne de réseau dans une ligne de dérivation L_k , cette vanne de réseau reste ouverte deux fois de suite (lors de 2 périodes successives). La première fois la vanne de plateau supérieure, ouverte, permet la connection au plateau supérieur P_i , et la vanne de plateau inférieure V_{i+1} ainsi que la petite vanne v_{i+1} de contrôle de fluide de dérivation annexe de la ligne lk sont fermées. La seconde fois, la vanne de plateau inférieure V_{i+1} , ouverte, permet la connection au plateau inférieur P_{i+1} , et la vanne de plateau supérieure V_i et la petite vanne de contrôle de fluide de dérivation v_{i+1} sont fermées. De plus la petite vanne de contrôle V_{Mk} de la ligne de dérivation secondaire supérieure M_k est ouverte pour mettre en communication les plateaux P_{i-1} (non représenté) du tronçon S_{k-1} (non représenté) et le plateau P_i du tronçon S_k .
- 2) En dehors des périodes d'injection ou de soutirage des fluides principaux (F, D, R, E), on fait circuler alternativement une fois sur deux un débit de dérivation dans L_k . La vanne de plateau supérieure V_i est alors ouverte, la vanne inférieure V_{i+1} est fermée, et la petite vanne de contrôle v_{i+1} située en dérivation annexe autour de V_{i+1} régule le débit de dérivation via la dérivation annexe l_k . Alternativement un débit de dérivation circule dans la ligne de dérivation secondaire supérieure M_k régulé par la petite vanne de contrôle V_{Mk} , les deux vannes de plateau V_{i-1} et V_i étant fermées, pour réaliser une dérivation entre P_{i-1} et P_i . Ce dernier débit de dérivation ne serait toutefois pas mis en service si le plateau P_{i-1} était alimenté ou en soutirage par F, D, R, E,...

La figure 3 représente une partie de colonne d'un SMB selon un autre mode de réalisation de l'invention. Les vannes de plateau (non numérotées) ne comprennent pas de petite ligne l_k de dérivation annexe pour limiter le débit de balayage en dérivation dans L_k , comme pour le dispositif de la figure 2. cette fonction est assurée par une vanne typiquement à ouverture progressive : 9_A pour L_k , et 9_B pour L_{k+1} . Ceci permet de ne pas utiliser de lignes annexes l_k

l_{k+1} , mais requiert des vannes de relativement grand diamètre 9_A , 9_B pour ne pas limiter le débit en circulation dans L_k .

En alternative, on peut utiliser une vanne de plateau de L_k comme vanne de régulation de débit, à la place de la vanne 9_A et/ou de la vanne 9_B . Cette ou ces vannes doivent alors
5 avoir une étanchéité poussée.

Les figures 4a, 4b, 4c, et 4d représentent des vues de dessus de différentes réalisations d'un plateau P_i à panneaux $DME_{i,j}$ à secteurs parallèles avec leur réseau d'alimentation/extraction. La présente invention n'est pas liée à la géométrie des
10 ramifications de ce réseau.

Pour chacun des plateaux correspondant aux figures 4a, 4b et 4c, L'embout unique EM_i raccordé au réseau d'alimentation/extraction des fluides de procédé rentre radialement dans la colonne pour rejoindre via un conduit radial le centre de la colonne où est réalisée une première division en 2. Une série de subdivisions successives permet d'alimenter
15 individuellement tous les panneaux $DME_{i,j}$ afin d'alimenter et extraire les fluides du SMB de façon régulière sur l'ensemble de la section du plateau.

Pour le plateau de la figure 4d, le conduit radial est subdivisé plus en amont, et ne passe pas par le centre de la colonne, ce qui permet éventuellement d'installer un mât central supportant le plateau et le lit d'adsorbant situé au dessus du plateau.

20 Pour les plateaux des figures 4a et 4b les panneaux $DME_{i,j}$ s'étendent perpendiculairement à l'embout EM_i , parallèlement à une même direction indiquée par la droite non orientée 10. Cette direction des secteurs parallèles présente un décalage angulaire de 90° avec l'embout EM_i .

Au contraire, pour les plateaux des figures 4c et 4d les panneaux $DME_{i,j}$ s'étendent
25 parallèlement à l'embout EM_i , et à une même direction indiquée par la droite non orientée 11. Cette direction des secteurs parallèles présente donc un décalage angulaire nul avec l'embout EM_i .

Les ramifications du réseau unique commun pour l'alimentation et le soutirage séquentiels des fluides de procédé peuvent être réalisées de diverses manières. Les réseaux des
30 plateaux des figures 4a et 4c comprennent à la fois des divisions en 2, par exemple en amont des extrémités terminales 12 de raccords aux panneaux, et également des subdivisions en réseau.

Les réseaux des plateaux des figures 4b et 4d comprennent exclusivement des divisions en 2 successives. On peut aussi utiliser des divisions telles qu' exposées dans le brevet US 5,938,333.

La dimension des conduits est en général décroissante, au fur et à mesure des ramifications, mais on peut également avoir des parties du réseau avec des conduits de même diamètre, des divisions en 2 avec réduction de diamètre sur une ou les deux branches etc... On peut aussi, sans sortir du cadre de l'invention, alimenter chaque panneau DME_{i,j} par deux extrémités terminales 12 et non une seule.

La figure 5a représente une première variante de disposition de 4 plateaux superposés adjacents, correspondant à deux tronçons S_k et S_{k+1} . dans cette variante, tous les plateaux ont la conception de la figure 4b, tous les panneaux DME_{i,j} à secteurs parallèles d'un plateau étant perpendiculaires à l'embout unique EM_i correspondant à ce plateau, donc présentant un décalage angulaire de 90° avec cet embout.

Les embouts des plateaux P_{i-1} et P_i appartenant au même tronçon S_k sont superposés et présentent donc un décalage angulaire nul. De ce fait, la ligne L_k représentée en pointillé est typiquement de longueur minimale, et est facile à installer n'ayant pas à tourner autour de la colonne.

Les embouts des plateaux P_{i+1} et P_{i+2} appartenant au même tronçon immédiatement inférieur S_{k+1} sont également superposés et présentent donc aussi un décalage angulaire nul. De ce fait, la ligne L_{k+1} représentée en pointillé est aussi typiquement de longueur minimale, et est facile à installer n'ayant pas à tourner autour de la colonne.

Les embouts de S_{k+1} sont par contre décalés de 90° par rapport à ceux de S_k . Il en est de même pour les directions des panneaux à secteurs parallèles des plateaux de S_{k+1} , qui sont décalés de 90° par rapport à ceux des plateaux de S_k . Il y a donc un décalage angulaire de 90° des secteurs parallèles, 2 plateaux par 2 plateaux, c'est-à-dire tronçon par tronçon. Cette disposition permet d'éviter ou de limiter le cumul des hétérogénéités de circulation de fluides dans la section de la colonne, du fait du caractère non parfaitement homogène du système d'alimentation/extraction. Elle tend à régulariser les fronts d'adsorption dans les différents points de la section de la colonne, par rapport à une disposition avec tous les plateaux drectement superposés conduisant au cumul des hétérogénéités dues à chaque nouveau plateau.

La variante de disposition de 4 plateaux superposés adjacents (voisins) de la figure 5a permet donc à la fois d'obtenir une longueur typiquement minimale pour les lignes de

dérivation L_k , L_{k+1} , faciles à installer mais aussi d'éviter ou limiter le cumul des hétérogénéités de circulation dans la colonne. Enfin, elle permet d'éviter l'accumulation de piquages sur une génératrice de la colonne, les embouts étant décalés de 90° à chaque nouveau tronçon. Ceci est favorable du point de vue de la tenue mécanique de la colonne, qui n'est pas fragilisée.

La figure 5b représente une autre variante de disposition de 4 plateaux successifs adjacents, correspondant à deux tronçons S_k et S_{k+1} . Selon cette variante, il y a décalage angulaire de 90° de la direction des panneaux à secteurs parallèles d'un plateau à celle des panneaux à secteurs parallèles d'un ou du plateau adjacent (plateau(x) le(s) plus proche(s)), c'est-à-dire plateau par plateau et non plus tronçon par tronçon. Ceci augmente encore la limitation du cumul des hétérogénéités de circulation dans la colonne.

Les deux embouts (piquages) d'un même tronçon S_k ou S_{k+1} restent superposés, permettant de conserver l'avantage de lignes de dérivation typiquement de longueur minimale, et faciles à installer. Ceci est permis par l'utilisation alternée de deux types de plateaux à réseau de distribution différents: un type selon la conception de la figure 4a (pour P_i et P_{i+3}) et un type selon la conception de la figure 4c (pour P_{i+1} et P_{i+2}).

Cette variante permet donc l'obtention d'une alternance plus fréquente de plateaux avec changement d'orientation des secteurs parallèles, en contrepartie de l'utilisation de 2 types de plateaux différents. Elle conserve l'avantage de lignes de dérivation typiquement de longueur minimale, faciles à installer.

Meilleur mode de réalisation:

Le meilleur mode de réalisation de l'invention est un SMB dont la ou les colonnes sont essentiellement constituées par des tronçons S_k avec des petites vannes $v_{i+1}, \dots$ en dérivation annexe des plateaux $P_{i+1}, \dots$, selon la figure 2.

Dans un tel dispositif, il y a 3 vannes de grand diamètre par plateau (6 par tronçon S_k : V_{Fk} , V_{Dk} , V_{Rk} , V_{Ek} , V_i , V_{i+1}), contre 4 dans l'art antérieur (selon la figure 1). Il y a en moyenne une petite vanne de régulation par plateau (V_{Mk} et v_{i+1} pour les 2 plateaux de S_k) contre 0,5 dans l'art antérieur, mais cette vanne de petit diamètre est beaucoup moins onéreuse, et le nombre total de vannes est diminué (4 contre 4,5).

Les plateaux du meilleur mode de réalisation et leurs secteurs parallèles sont décalés deux par deux à 90° (tronçon par tronçon, sans changement de géométrie de plateau), tel qu'indiqué à la figure 5a, ou sont décalés un par un à 90° (plateau par plateau, avec changement de géométrie de plateau), tel qu'indiqué à la figure 5b, ce qui régularise

l'écoulement des fluides dans la colonne et réduit le volume des lignes de dérivation externes principales L_k qui n'ont pas besoin de tourner autour de la colonne, sans fragiliser la colonne par une accumulation de piquages (embouts) superposés.

5 Le dispositif selon l'invention ainsi décrit peut être utilisé pour un procédé de séparation chromatographique quelconque, notamment pour la séparation d'un hydrocarbure aromatique à partir d'une charge d'aromatiques ayant essentiellement 8 atomes de carbone et comprenant cet hydrocarbure.

En particulier il peut être utilisé pour la séparation de paraxylène à partir d'une coupe
10 aromatique essentiellement composés d'hydrocarbures en C8, en utilisant du toluène ou du paradiéthylbenzène comme désorbant et une zéolithe comme adsorbant comme décrit par exemple dans le brevet FR 2 789 914. Il peut aussi être utilisé pour la séparation de métaxylène à partir d'une coupe aromatique en C8, en utilisant du toluène ou de la tétraline comme désorbant et un adsorbant tel que décrit par exemple dans le brevet US 5,900,523
15 et les demandes de brevet FR 05/52.485 et FR 05/52.486.

Il peut aussi être utilisé pour la séparation d'une ou de plusieurs normales paraffines (séparées du reste des hydrocarbures) à partir d'un mélange d'hydrocarbures, notamment paraffiniques ou paraffiniques et naphténiques, par exemple en utilisant le normal butane ou
20 le normal pentane comme désorbant (éventuellement l'isooctane comme diluant inerte) et une zéolithe 5A comme adsorbant.

Il peut enfin être utilisé pour la séparation d'au moins une oléfine d'une coupe d'hydrocarbures comprenant un tel hydrocarbure, selon des conditions connues de l'art
25 antérieur, par exemple en utilisant une zéolithe X échangée au calcium.

L'invention n'est pas limitée à la description précédente, et l'homme de l'art pourra utiliser pour sa mise en oeuvre toute autre caractéristique technique connue dans l'état de l'art.

REVENDICATIONS

- 1 - Dispositif permettant de séparer au moins un composé à partir d'un mélange comprenant
5 ce composé par adsorption en lit mobile simulé comportant :
au moins une colonne comprenant une pluralité de lits d'adsorbants A_i séparés par des
plateaux distributeurs/extracteurs P_i pour l'alimentation et l'extraction séquentielles d'au
moins deux fluides d'alimentation : une charge F et un désorbant D, et d'au moins deux
fluides de soutirage : un raffinat R et un extrait E, P_i étant disposé entre le lit A_i et le lit
10 immédiatement inférieur A_{i+1} ,
le dispositif comprenant également au moins un réseau F-Net de charge, un réseau D-
Net de désorbant, un réseau R-Net de raffinat et un réseau E-Net d'extrait, chacun de
ces réseaux étant relié à la colonne par une pluralité de lignes comprenant des vannes
de sectionnement commandées à 2 voies de diamètre d'ouverture supérieur ou égal à
15 une valeur α , appelées vannes de réseau, pour l'alimentation ou le soutirage
séquentiels desdits fluides d'alimentation ou de soutirage,
dans lequel la colonne est divisée, sur la plus grande partie au moins de sa hauteur en
une pluralité de tronçons superposés adjacents S_k , chaque tronçon S_k étant constitué
par un tronçon de colonne comprenant essentiellement 2 lits d'adsorbant successifs A_i ,
20 A_{i+1} et les 2 plateaux distributeurs/extracteurs P_i , P_{i+1} qui sont disposés respectivement
immédiatement en dessous de A_i et de A_{i+1} ,
chacun des plateaux distributeurs/extracteurs P_i , P_{i+1} de chacun des tronçons S_k est à
réseau unique commun pour l'alimentation et le soutirage séquentiels de F, D, R, E ,
les plateaux P_i , P_{i+1} de chaque tronçon S_k sont reliés entre eux par une ligne de
25 dérivation externe principale L_k connectée à chacun des plateaux P_i , P_{i+1} de S_k par un
embout comprenant une vanne de sectionnement commandée à 2 voies unique propre
à ce plateau P_i ou P_{i+1} , appelée vanne de plateau V_i , ou V_{i+1} , de diamètre d'ouverture
supérieur ou égal à la valeur α pour l'alimentation ou le soutirage séquentiels desdits
fluides d'alimentation ou de soutirage dans ou à partir de P_i ,
30 chacune des dites lignes de dérivation L_k comprend au moins un moyen commandé de
limitation du débit circulant dans L_k , qui est soit installé sur la ligne L_k soit en dérivation
autour d'une vanne de plateau V_i ou V_{i+1} d'un plateau de S_k ,
dans lequel la ligne de dérivation L_k de chacun des tronçons S_k est reliée à chacun des
réseaux F-Net, D-Net, R-Net, E-Net via une ligne unique de diamètre interne supérieur

ou égal à α comprenant une vanne de réseau unique, respectivement V_{Fk} , V_{Dk} , V_{Rk} , V_{Ek} , qui est de diamètre d'ouverture supérieur ou égal à α , pour l'alimentation ou le soutirage séquentiel du fluide correspondant F, D, R ou E vers ou à partir du tronçon S_k considéré,

5 le dispositif comprenant également une pluralité de lignes de dérivation externes secondaires M_k , chacune des lignes M_k reliant les 2 tronçons adjacents S_{k-1} et S_k via 2 points de liaison,

le premier point de liaison étant disposé sur l'embout relié au plateau inférieur P_{i-1} du tronçon supérieur S_{k-1} , entre P_{i-1} et la vanne de plateau V_{i-1} ,

10 le second point de liaison étant disposé sur l'embout relié au plateau supérieur P_i du tronçon inférieur S_k , entre P_i et la vanne de plateau V_i ,

chacune des lignes de dérivation externes secondaires M_k comprenant une vanne commandée à 2 voies V_{Mk} de diamètre interne d'ouverture inférieur ou égal à une valeur β , avec $\beta \leq 0,6 \alpha$,

15 ce dispositif comprenant au moins 2 tronçons superposés adjacents S_k et S_{k+1} , chacun à 2 plateaux distributeur/extracteurs, S_k comprenant les plateaux P_i et P_{i+1} reliés par une ligne de dérivation externe principale L_k raccordée à la colonne par deux embouts comprenant respectivement les vannes de plateau V_i et V_{i+1} , et S_{k+1} comprenant les plateaux P_{i+2} et P_{i+3} reliés par une ligne de dérivation externe principale L_{k+1} raccordée à la colonne par deux embouts comprenant respectivement les vannes de plateau V_{i+2} et V_{i+3} , dans lequel les deux embouts de S_k sur la colonne présentent entre eux un décalage angulaire par rapport à l'axe de la colonne qui est nul ou inférieur ou égal à 20° , les deux embouts de S_{k+1} sur la colonne présentent entre eux un décalage angulaire par rapport à l'axe de la colonne qui est nul ou inférieur ou égal à 20° , et les embouts de S_k présentent avec les embouts de S_{k+1} un décalage angulaire moyen compris entre 70° et 110° .

2. Dispositif selon la revendication 1 dans lequel la colonne entière, à l'exception de la tête de colonne comprenant le plateau de tête, et optionnellement du fond de colonne comprenant le lit inférieur et/ou le plateau inférieur, est constituée par une pluralité de tronçons superposés à 2 plateaux, dans laquelle les deux embouts d'un même tronçon S_k présentent entre eux un décalage angulaire par rapport à l'axe de la colonne nul ou inférieur ou égal à 20° , et deux tronçons adjacents superposés quelconques présentent entre eux un décalage angulaire moyen de leurs embouts compris entre 70° et 110° .

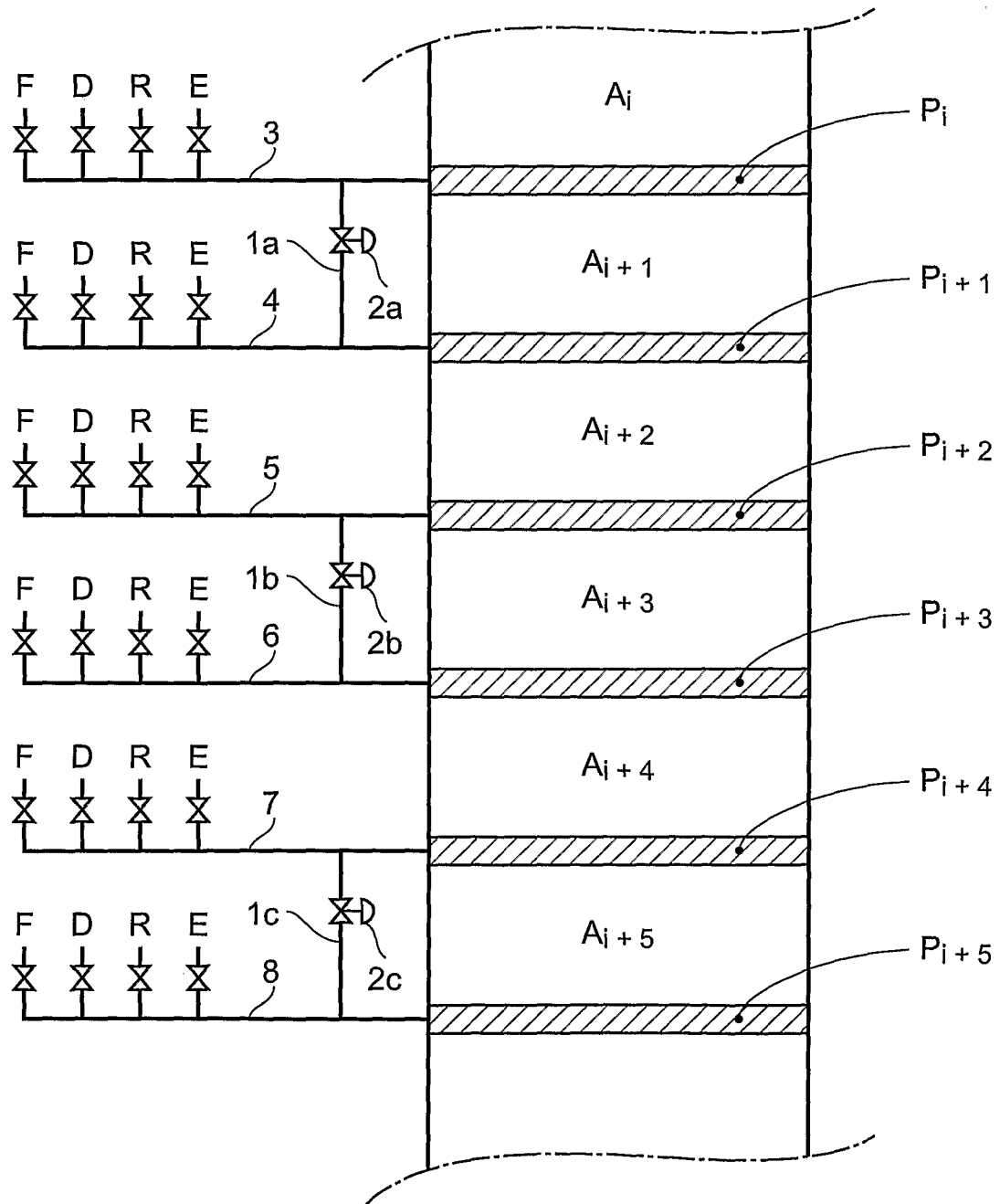
3. Dispositif selon l'une des revendications 2 et 3 dans lequel les embouts d'un tronçon S_k quelconque présentent entre eux un décalage angulaire sensiblement nul, et deux tronçons adjacents superposés quelconques présentent entre eux un décalage angulaire moyen de leurs embouts de sensiblement 90° .
4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes dans lequel chaque plateau P_i d'un tronçon S_k est subdivisé en une pluralité de panneaux $DME_{i,j}$ à secteurs parallèles à une direction, raccordés à un embout unique (EM_i) pour l'alimentation des fluides d'alimentation et l'extraction des fluides soutirés, et dans lequel pour tout plateau d'un tronçon S_k , les directions des panneaux à secteurs parallèles des plateaux d'un même tronçon S_k présentent entre eux un décalage angulaire nul ou inférieur ou égal à 20° , et la direction moyenne des panneaux à secteurs parallèles des plateaux d'un tronçon S_k présente un décalage angulaire compris entre 70° et 90° bornes comprises par rapport à celle des panneaux d'un tronçon voisin S_{k+1} ou S_{k-1} .
5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3 dans lequel chaque plateau P_i d'un tronçon S_k est subdivisé en une pluralité de panneaux $DME_{i,j}$ à secteurs parallèles à une direction, raccordés à un embout unique (EM_i) pour l'alimentation des fluides d'alimentation et l'extraction des fluides soutirés, dans lequel pour chaque ensemble de deux plateaux superposés adjacents appartenant à un même tronçon S_k ou à deux tronçons superposés, la direction des secteurs parallèles de l'un des plateaux présente un décalage angulaire compris entre 70° et 90° bornes comprises avec la direction des secteurs parallèles de l'autre plateau.
6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes dans lequel la ligne de dérivation L_k a un diamètre intérieur au moins égal au plus grand diamètre d'ouverture des vannes de réseau reliées à L_k .
7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes dans lequel la colonne entière, à l'exception éventuellement de la tête de colonne comprenant le plateau de tête est constituée par lesdits tronçons superposés adjacents S_k , la colonne comprenant une

ligne de sortie inférieure assimilée à un plateau P_n correspondant au lit d'adsorbant inférieur A_n .

- 5 8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes dans lequel chacune des dites lignes de dérivation L_k comprend au moins un moyen commandé de limitation du débit circulant dans L_k , qui est installé en dérivation autour d'une vanne de plateau V_{i+1} d'un plateau P_i de S_k .
- 10 9. Dispositif selon la revendication 8 dans lequel ledit moyen de limitation du débit circulant dans L_k installé en dérivation autour de ladite vanne de plateau V_{i+1} comprend une vanne commandée de plus petit diamètre d'ouverture que celui de V_{i+1} .
- 15 10. Dispositif selon l'une des revendications précédentes dans lequel $30 \text{ mm} \leq 1,7 \times \beta \leq \alpha \leq 600 \text{ mm}$.
11. Procédé de séparation d'un produit utilisant un dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel au cours d'un cycle:
- on utilise séquentiellement chacune des lignes L_k pour la circulation à leur débit nominal de F, D, R, E, vers ou à partir de chacun des plateaux de S_k via en série la
 - 20 vanne de plateau correspondante et la vanne de réseau correspondante,
 - on réalise un balayage à débit inférieur à celui des débits nominaux des fluides F, D, R, E de chacune des lignes de dérivation externes principales L_k pendant une partie du temps au moins dans laquelle aucune vanne de réseau reliée à L_k n'est ouverte, par un courant interne provenant d'un plateau du dispositif et recyclé vers un autre plateau du
 - 25 dispositif, et l'on stoppe tout balayage interne de L_k lorsque qu'une vanne de réseau reliée à L_k est ouverte
 - on réalise un balayage à débit inférieur à celui des débits nominaux des fluides F, D, R, E de chacune des lignes de dérivation externes secondaires M_k pendant une partie du temps au moins, par un courant interne provenant d'un plateau du dispositif et
 - 30 recyclé vers un autre plateau du dispositif.
12. Procédé selon la revendication 11 dans lequel le balayage de L_k est réalisé par circulation d'un courant issu du plateau supérieur P_i de S_k , recyclé au plateau inférieur P_{i+1} de S_k .

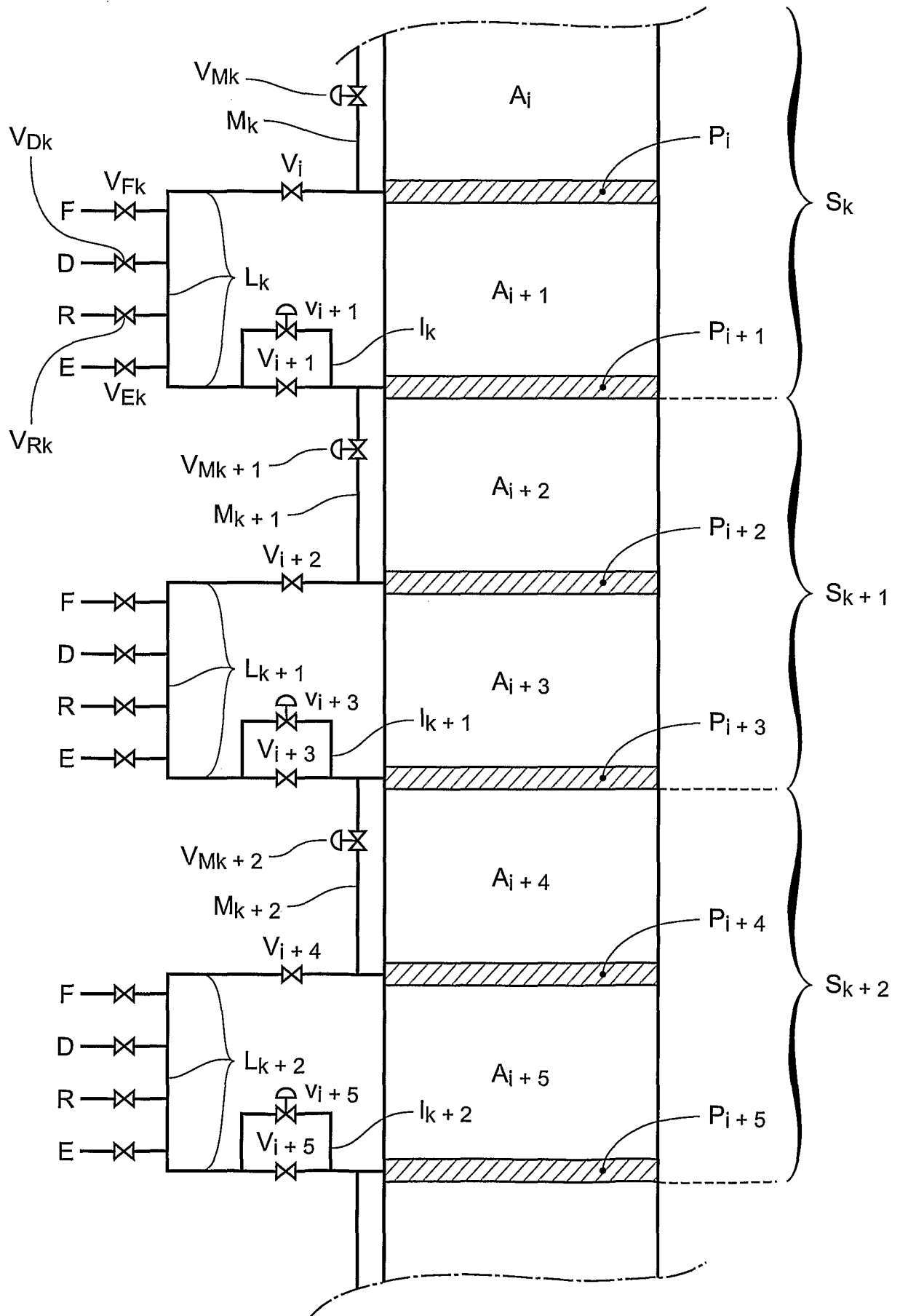
13. Procédé selon l'une des revendications 11 et 12 dans lequel le balayage de M_k est réalisé par circulation d'un courant issu du plateau inférieur P_{i-1} de S_{k-1} , recyclé au plateau supérieur P_i de S_k .
- 5
14. Procédé selon l'une des revendications 11 à 13 dans lequel on réalise un balayage interne de L_k à partir du plateau supérieur P_i de S_k vers le plateau inférieur P_{i+1} de S_k , dans toute période où S_k n'est pas relié à l'un desdits réseaux fluides d'alimentation séquentielle ou de soutirage séquentiel et qui se trouve immédiatement avant une
- 10 période où l'une des vannes de réseaux reliées à S_k est ouverte pour l'alimentation ou le soutirage de l'un de ces fluides vers ou à partir du plateau supérieur P_i .
15. Procédé selon l'une des revendications 11 à 14 dans lequel pour chacune des lignes de dérivation L_k , on réalise un balayage de L_k lors de toute partie du temps dans laquelle
- 15 aucune vanne de réseau reliée à L_k n'est ouverte.
16. Procédé selon l'une des revendications 11 à 15 de séparation de paraxylène à partir d'une charge d'hydrocarbures aromatiques ayant essentiellement 8 atomes de carbone.
- 20 17. Procédé selon l'une des revendications 11 à 15 de séparation de métaxylène à partir d'une charge d'hydrocarbures aromatiques ayant essentiellement 8 atomes de carbone.
18. Procédé selon l'une des revendications 11 à 15 de séparation d'au moins un hydrocarbure normal-paraffinique à partir d'une charge d'hydrocarbures comprenant un
- 25 tel hydrocarbure.

1 / 7
Figure 1



2 / 7

Figure 2



3 / 7
Figure 3

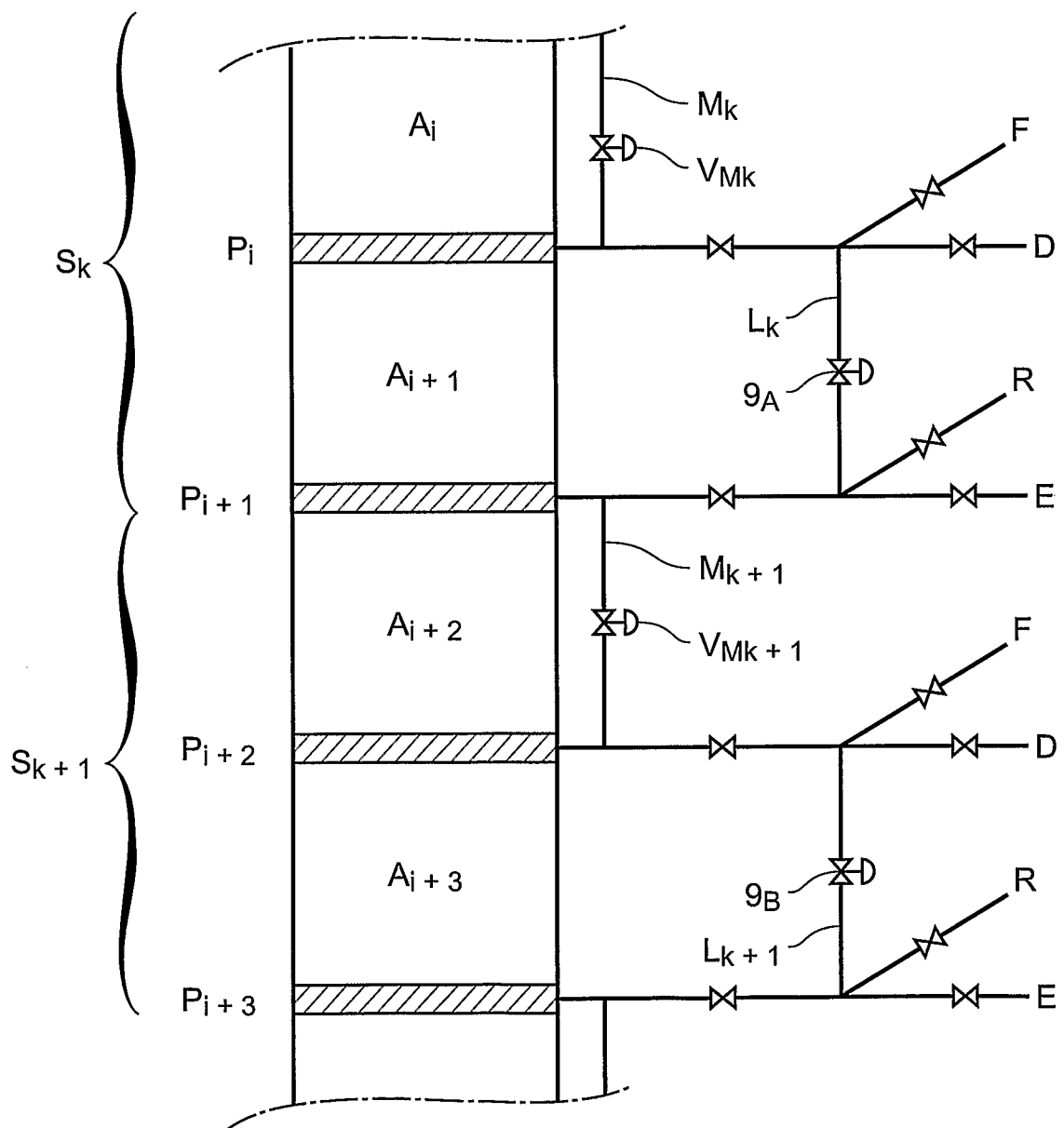


Figure 4a

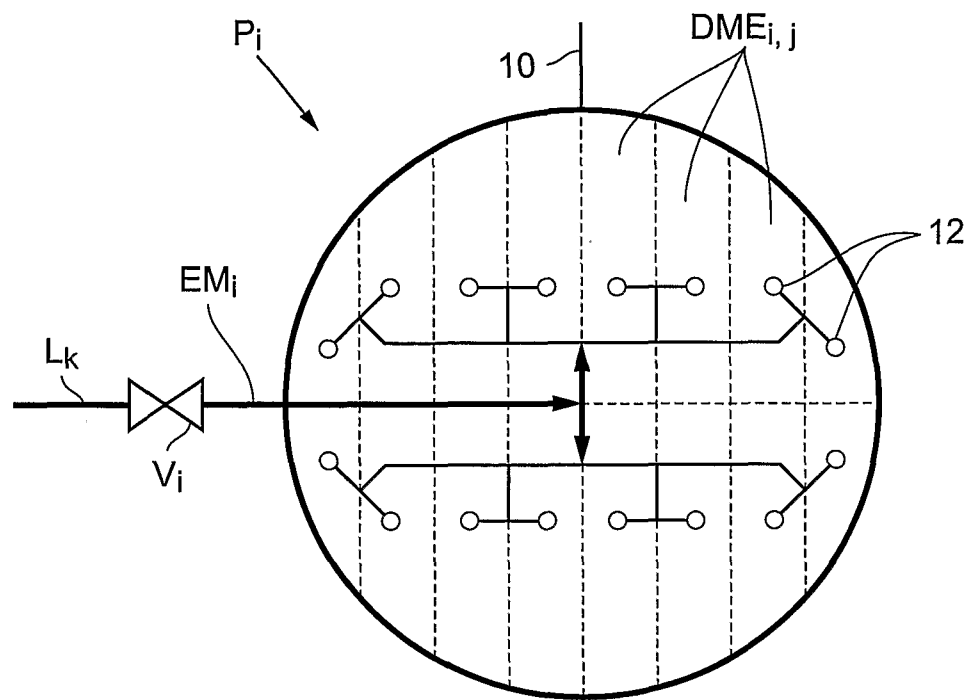


Figure 4b

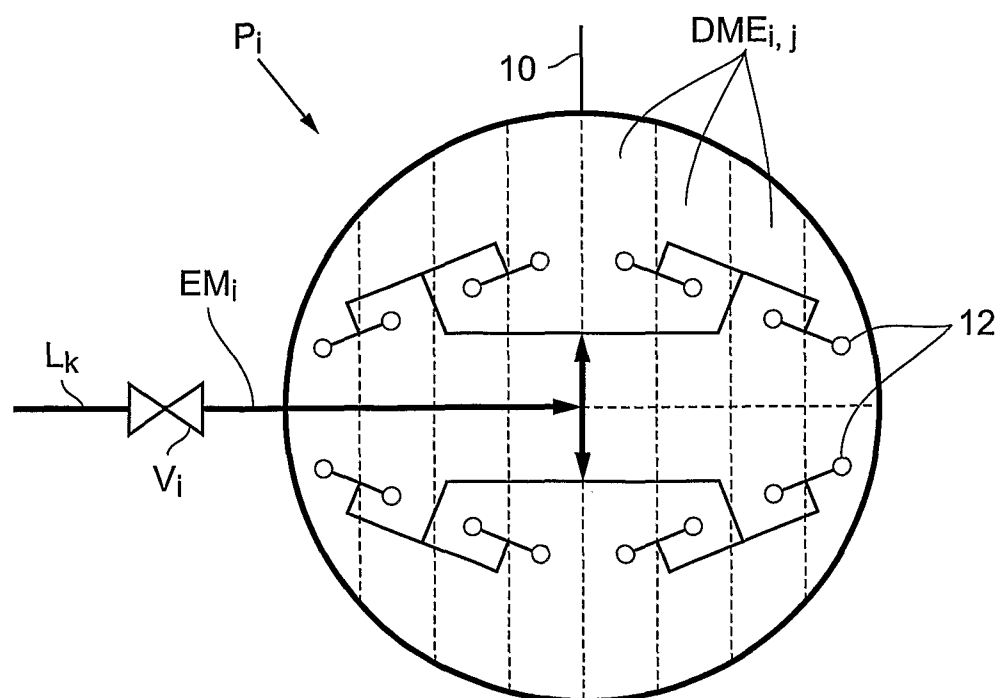


Figure 4c

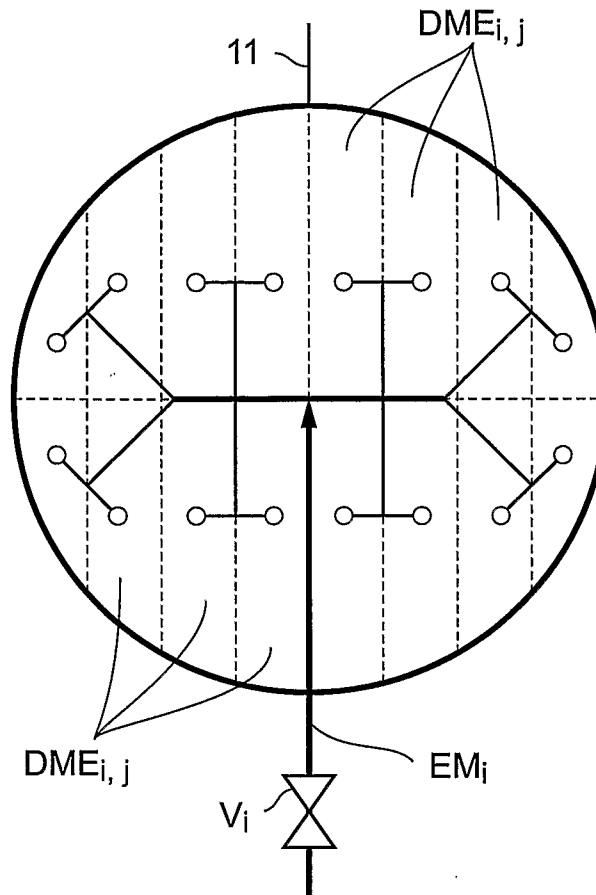
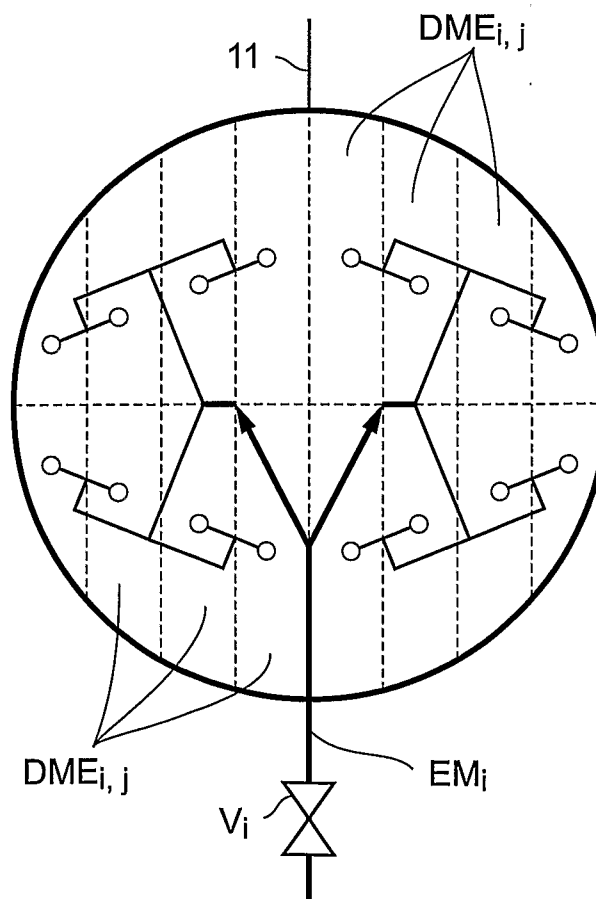


Figure 4d



6 / 7

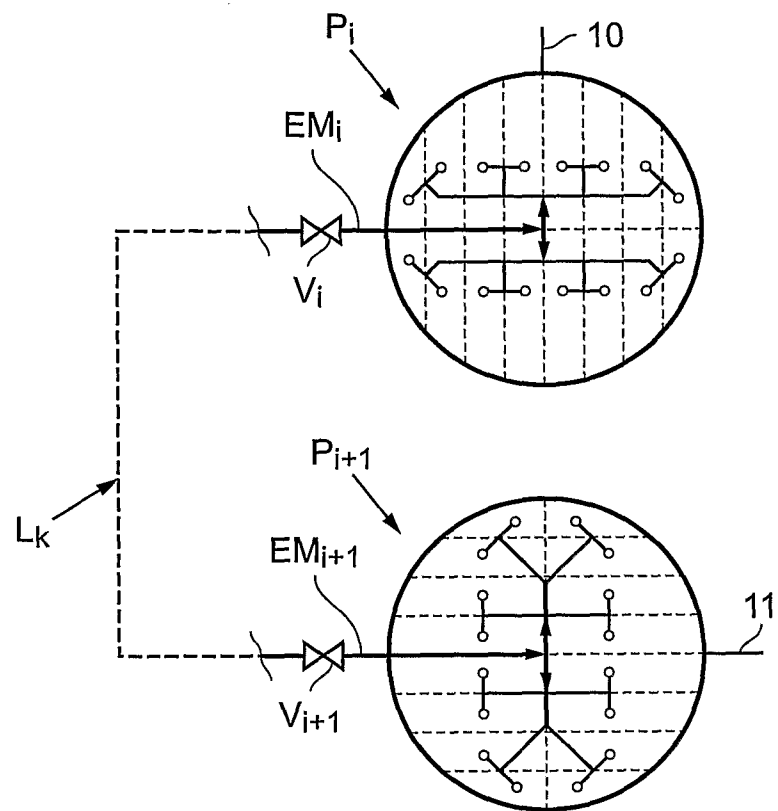
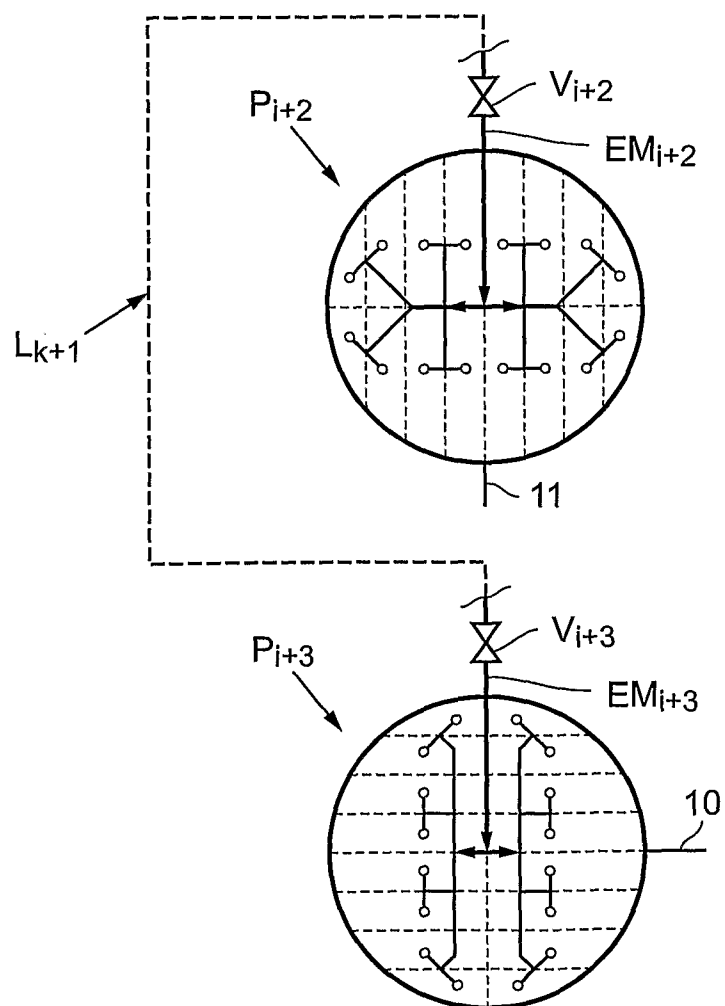


Figure 5b



7 / 7

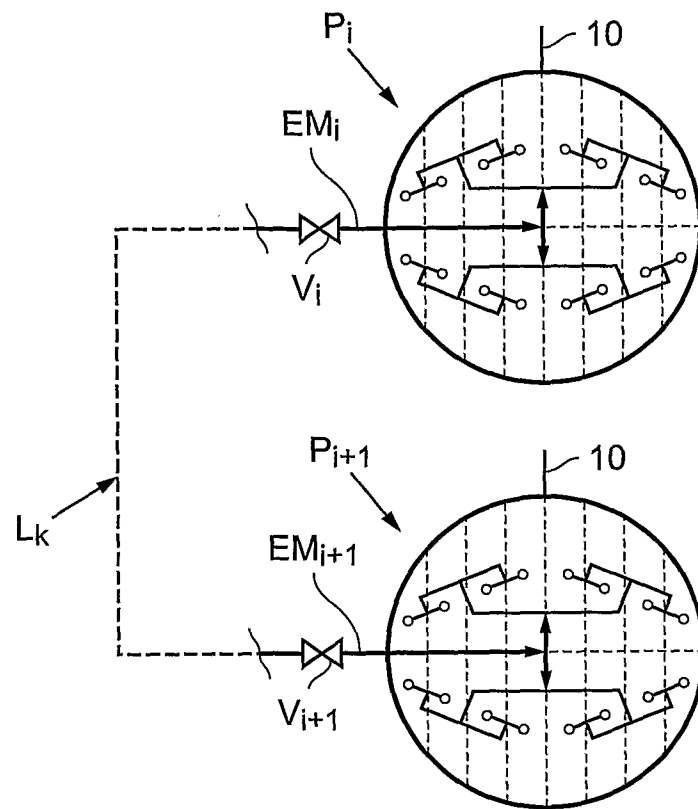


Figure 5a

