



MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

NUMERO DE PUBLICATION : 1007057A3

NUMERO DE DEPOT : 09200550

Classif. Internat. : B01D

Date de délivrance le : 07 Mars 1995

Le Ministre des Affaires Economiques,

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d'invention, notamment l'article 22;

Vu l'arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, notamment l'article 28;

Vu le procès verbal dressé le 12 Juin 1992 à 24H00 à l'Office de la Propriété Industrielle

ARRETE :

ARTICLE 1.- Il est délivré à : VAN DEN STEEN Antoine
Place Marcel Pagnol 3, F-04100 MANOSQUE(FRANCE)

représenté(e)(s) par : VANDERPERRE Robert, BUREAU VANDER HAEGHEN, Rue Colonel Bourg
108A,- B 1040 BRUXELLES.

un brevet d'invention d'une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : PROCEDE DE RECUPERATION D'UN METAL PAR LIXIVIATION.

INVENTEUR(S) : Van Den Steen Antoine, Place Marcel Pagnol 3, F-04100 Manosque (FR)

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeur(s).

Bruxelles, le 07 Mars 1995
PAR DELEGATION SPECIALE :

WUYTS L
Directeur

PROCEDE DE RECUPERATION D'UN METAL PAR LIXIVIATION

La présente invention a pour objet un procédé de lixiviation pour récupérer ou extraire un ou des métaux d'une matière telle qu'un minerai broyé, de résidus d'installations existantes de récupération d'un ou de métaux,...

5

La production de métaux, soit à partir de solutions concentrées de lixiviation, soit à partir de solutions diluées, après extraction et concentration par des charbons actifs, par des résines échangeuses d'ions ou encore par des réactifs spécifiques dissous dans des solvants organiques non-miscibles à l'eau, a connu ces dernières décades un développement important. Cette contribution croissante de l'hydrométallurgie à la production de métaux, tels que l'or, l'argent, l'uranium, le vanadium, le cuivre, le nickel et le cobalt, est une conséquence des possibilités qu'offre la lixiviation de valoriser, à des prix intéressants, des minerais sulfurés ou oxydés, des rejets miniers ou de concentration ou encore des matériaux réfractaires à un traitement par les procédés classiques de flottation.

20

La lixiviation peut faire appel à une variété de réactifs formant avec les métaux des sels ou des complexes solubles dans l'eau, tels l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique, l'ammoniaque, les cyanures alcalins et autres.

25

A la diversification des procédés de lixiviation en fonction des agents lixiviants se superpose une diversification technologique, correspondant au mode de lixiviation.

30

Des modes de lixiviation connus sont les lixiviations en tas, en cuves et en réacteurs avec agitation mécanique ou pneumatique. Le choix d'utiliser un mode de lixiviation connu plutôt qu'un autre est guidé par de nombreux facteurs tels que le degré de division des matériaux, la nature minéralogique, les teneurs, le type de gangue, les vitesses de lixiviation, les rendements de récupération souhaités et toutes autres conditions locales particulières. Une brève description de ces modes de lixiviation connus est donnée ci-après.

40

La lixiviation en tas peut traiter une large gamme de matériaux dont le broyage grossier assure la perméabilité

- 2 -

du tas à la solution lixiviante. Il peut s'agir de remblais de minerais déclassés ou encore de tas de minerais broyés en vue de ce mode de traitement. Alors que la granulométrie des rebuts miniers couvre une échelle très étendue, celle des minerais broyés en vue d'une lixiviation en tas sera plus uniforme, par exemple 80 % passant un crible de 25mm. La solution de lixiviation est distribuée au sommet du tas et recueillie au pied après l'avoir traversé par percolation. L'extraction des métaux valorisables de la solution s'effectue par l'un des procédés mentionnés plus haut et, après avoir rajusté le titre en agent lixiviant, la solution est généralement recirculée à la lixiviation.

En raison des dimensions importantes des tas en lixiviation et de l'état de division grossier des matériaux, les temps de lixiviation sont longs et se comptent généralement en semaines et même en mois.

Dans un procédé particulier, qui fait l'objet du brevet américain N°4.017.309 intitulé "Thin Layer Leaching Method", des minerais de cuivre sont broyés à 100 % passant une maille de 6 mm puis, après humidification, ils sont mélangés avec de l'acide sulfurique concentré. Ils sont ensuite déposés en tas et laissés au repos pendant environ 24 heures. Durant cette période les particules fines, se fixent sur les matériaux plus grossiers et les métaux valorisables sont partiellement transformés en sulfates solubles.

Les dimensions plus réduites des particules et la sulfatation initiale des métaux accélèrent la lixiviation. Celle-ci se compte en jours et s'effectue, tout comme pour la lixiviation en tas classique, par arrosage avec les solutions recirculées du circuit d'extraction.

La lixiviation en tas présente l'avantage d'opérer avec des investissements et des coûts opératoires faibles. Toutefois, compte tenu des surfaces qu'occupent les tas et des durées de lixiviation, ce mode de lixiviation est généralement limité à des régions désertiques ou semi-désertiques. De plus une telle lixiviation permet pas d'obtenir de hauts rendements de récupération ou d'extraction de métal ou métaux dans des temps raisonnables.

La lixiviation en cuves traite des minerais broyés passant une maille d'environ 10 mm. Les matériaux broyés sont chargés dans des cuves dans lesquelles on fait ensuite circuler la solution de lixiviation.

5

La solution peut être enrichie par des recirculations successives dans des cuves en série jusqu'à atteindre une teneur qui peut rendre inutile une étape de concentration de la solution avant extraction par électrolyse par exemple. Toutefois l'utilisation d'une solution riche à la lixiviation augmente les pertes de métaux dans les solutions qui imprègnent les résidus solides en fin de lixiviation. Ce procédé peut être heureusement complété par un traitement séparé des solutions diluées résultant d'un lavage plus poussé des résidus de lixiviation.

10
15

De manière générale, ce mode de lixiviation nécessite des moyens importants de manutention pour le chargement et le déchargement des cuves. Les temps de lixiviation peuvent varier de une à plusieurs semaines.

20

La lixiviation avec agitation, mécanique ou pneumatique, traite des matériaux ayant été soumis à un broyage plus poussé. Pour cette raison, ce mode de lixiviation convient aussi bien pour des concentrés et des calcines que pour des minerais et des rejets de concentration. La dimension réduite des particules diminue considérablement les temps de lixiviation, lesquels se comptent en heures, et améliore généralement les rendements de lixiviation.

25

30

Toutefois, l'état de division poussé des matériaux entraîne la nécessité de moyens importants de séparation solides-liquide, aussi bien avant qu'après la lixiviation. Il importe, en effet, de contrôler les volumes de solution du circuit de lixiviation et d'assurer un lavage satisfaisant des résidus, dont l'efficacité conditionne le rendement de récupération. Pour assurer un meilleur taux de lavage, plusieurs étages de décanteurs-laveurs, pour séparer et laver les résidus après lixiviation, ont avantageusement été remplacés par des filtres à bande horizontale nécessitant une entrée d'eau moindre dans le circuit.

35
40

Cependant, dans le cas de matériaux friables ou présentant une composante argileuse, les investissements dans les équipements de séparation solides-liquide deviennent rapi-

45

dement prohibitifs. Pour ces types de minerais on effectue généralement une classification préalable en vue de séparer la fraction argileuse et les schlamms, constituant la majorité des "fines", d'une fraction plus grossière que nous désignerons "sables". Les sables peuvent être traités par une technologie classique alors que les fines sont souvent lixiviées en présence de résines échangeuses d'ions ou de charbons actifs incorporés à la pulpe. Ces résines ou charbons actifs fixent les cations métalliques pendant la lixiviation et peuvent ensuite être aisément séparés des résidus de lixiviation par tamisage, par exemple.

La présente invention a pour objet un procédé de lixiviation pour extraire avec des hauts rendements un ou des métaux d'une matière, ne nécessitant que des investissements réduits et permettant d'obtenir des vitesses d'extraction importantes.

Dans le procédé suivant l'invention, avantageusement réalisé dans une cuve, tour ou colonne, on soumet les particules de matière à lixivier à un courant ascendant de solution de lixiviation. Ce courant ou flux de solution est tel qu'au moins une partie des particules présentes dans la cuve, tour ou colonne soit maintenue en suspension dans de la solution de lixiviation et qu'au dessus de la couche, formée des particules en suspension, se trouve de la solution pauvre en particules, par exemple contenant moins de 5 % en poids, de préférence moins de 1 % de particules. De façon particulièrement avantageuse, la solution est exempte ou quasi exempte de particules. Il va de soi que le courant ascensionnel ou vitesse de la solution dans la cuve, tour ou colonne dépendra entre autres de la granulométrie et de la densité des particules à lixivier.

En fait, dans le procédé suivant l'invention, les particules à lixivier sont avantageusement fluidisées dans la solution, c'est à dire maintenues en suspension en formant un lit dont l'épaisseur dépend de la charge de solides à traiter, des paramètres des particules, mais aussi de la vitesse d'écoulement ascensionnel de la solution lixiviante, ainsi que de sa densité; au dessus dudit lit, la solution lixiviante ayant traversé le lit est essentiellement exempte de particules. La formation d'un tel lit est essentiellement due à un équilibre entre la force de gravité ap-

- 5 -

pliée sur les particules et la force ascensionnelle due au flux de solution.

Le lit fluidisé crée d'excellentes conditions de lixiviation. L'échange entre les solides à lixivier et la solution lixiviante est en effet favorisé par le fait que chaque particule est maintenue, individuellement, en suspension dans la solution. D'autre part la teneur en agent lixiviant est ajustée dans la solution de fluidisation même, sa distribution est donc rapide et régulière dans l'ensemble de la masse du matériau en traitement.

La classification qui se maintient dans le lit fluidisé durant la lixiviation, crée de plus un gradient des particules en fonction de leur densité et de leurs dimensions, exposant les sables les plus grossiers aux conditions de lixiviation les plus sévères, compensant ainsi jusqu'à un certain point des vitesses de lixiviation plus lentes. Les dégagements gazeux pouvant se former au cours de la lixiviation, par décomposition de carbonates par exemple dans le cas d'une lixiviation en milieu acide, sont évacués au fur et à mesure de leur formation et ne gênent nullement le déroulement de la lixiviation. Des gaz peuvent même être injectés pour créer des conditions de lixiviation particulières, tels de l'air ou de l'oxygène pour la lixiviation bactérienne de minerais sulfurés ou pour la lixiviation d'or ou d'argent par cyanuration ou encore de l'anhydride sulfureux pour lixivier le cobalt.

La faible exposition des solutions à l'air durant la lixiviation permet d'opérer en milieu réducteur, à température élevée ou encore avec des réactifs volatils tels l'anhydride sulfureux ou l'ammoniaque.

Finalement, la séparation continue des solides et de la solution de lixiviation dans le lit fluidisé permet d'opérer indifféremment avec une recirculation de la même solution, après réajustement, si nécessaire, de son titre en agent lixiviant, ou avec des solutions nouvelles. Il est par conséquent possible de prolonger indéfiniment la durée de la lixiviation et d'en changer les conditions au choix. Il est de même possible grâce à des recirculations d'enrichir la solution de lixiviation et d'effectuer une récupération des métaux de la solution de lixiviation sans concentration préalable. Généralement la solution de lixiviation

tion sera clarifiée avant la suite du traitement métallurgique de manière à la débarrasser des solides précipités, tel le gypse par exemple, ou encore des fines pouvant s'être formées par attrition au cours de la lixiviation.

5

Le chargement des solides à lixivier ainsi que le déchargement des résidus en fin de lixiviation, s'effectuent aisément par pompages après mise en suspension des solides dans un fluide, généralement de l'eau.

10

Comparé à la lixiviation connue en cuves, le procédé suivant l'invention offre la même flexibilité quant au choix des teneurs dans la solution de lixiviation, ce qui permet d'éviter, le cas échéant, une étape de concentration de la solution de lixiviation avant la suite du traitement métallurgique. Il offre les avantages supplémentaires d'une plus grande facilité de chargement et de déchargement puisque les manipulations de solides s'effectuent par pompage de pulpes, un lavage beaucoup plus régulier et homogène des résidus de lixiviation et une durée de lixiviation qui se compte en heures au lieu de jours ou semaines.

15
20

Comparé à la lixiviation en tas, le procédé suivant l'invention présente les avantages de durées de lixiviation considérablement réduites, d'une moindre dépendance des conditions climatiques et de la possibilité de traiter des matériaux déjà broyés comme c'est le cas pour les rejets des usines de concentration. Il permet également une récupération plus aisée et plus satisfaisante d'éléments secondaires lixiviés en plus faibles quantités et pouvant présenter un intérêt commercial, grâce au lavage aisé et efficace des résidus de lixiviation.

25
30

Comparé à la lixiviation avec agitation mécanique ou pneumatique, le procédé suivant l'invention offre les mêmes avantages d'assurer des rendements de lixiviation élevés dans des temps courts mais sans les investissements en équipements de séparation solides-liquide avant et après la lixiviation. De plus, la séparation continue solides-liquide, dans le cas du procédé suivant l'invention, permet une très grande flexibilité dans le choix du nombre d'étapes et des paramètres métallurgiques de chacune, sans coût supplémentaire de séparation solides-liquide. Il présente également l'avantage en cas d'arrêt imprévu, tel qu'une coupure de courant par exemple, d'une reprise aisée.

35
40

Dans une forme de réalisation du procédé suivant l'invention, on traite les matières à lixivier dans une cuve, tour ou colonne, on amène de la solution lixivante dans la cuve, tour ou colonne au voisinage du fond et on évacue de
5 la cuve, tour ou colonne de la solution de lixiviation au voisinage de la partie supérieure de la cuve, tour ou colonne. On crée ainsi un flux ascendant de solution dans la cuve, tour ou colonne, ce flux étant suffisant pour maintenir en suspension des particules dans la solution, mais
10 étant de préférence limité de manière à éviter, si possible de façon totale ou quasi totale, que des particules ne soient emportées par la solution lixivante hors de la cuve, tour ou colonne.

15 Pour maintenir en suspension les particules à lixivier, on injecte avantageusement dans la cuve, tour ou colonne en particulier au voisinage du fond, de la solution de lixiviation.

20 Dans une forme de réalisation particulière d'un procédé suivant l'invention, après l'étape de lixiviation des particules, on laisse les particules se tasser, après tassement on évacue la solution de lixiviation située au dessus des particules et on soumet les particules à un courant
25 d'un liquide destiné à substituer au moins partiellement la solution de lixiviation présente dans les particules tassées par ledit liquide.

De façon avantageuse, on assure un courant ascendant du
30 dit liquide et on évacue au moins partiellement la solution de lixiviation substituée par ledit liquide.

La lixiviation des particules est, de préférence, réalisée en plusieurs étapes, par exemple en deux étapes. Ainsi,
35 par exemple, la lixiviation peut se dérouler comme suit:

- dans une première étape, on lixivie les particules au moyen d'une solution provenant d'une étape de lixiviation d'autres particules, cette solution étant destinée à épuiser ces autres particules en un ou des métaux, cette première étape étant destinée à obtenir une solution riche en
40 un ou des métaux,

- on envoie cette solution riche vers une unité de traitement dans laquelle on récupère le ou les métaux, éven-

- 8 -

tuellement sous forme de solution, et dans laquelle on régénère une solution de lixiviation,

- on ajuste éventuellement la teneur en agent lixiviant de la solution régénérée, et

5 - dans une deuxième étape de lixiviation, on lixivie à nouveau les particules au moyen de la solution régénérée, éventuellement ajustée, de manière à épuiser les particules en métal ou métaux et à obtenir une solution enrichie en métal ou métaux convenant pour la lixiviation d'autres particules, en particulier pour une première étape de lixiviation d'autres particules.

De façon avantageuse, la première étape permettant d'obtenir une solution riche en métal ou métaux comprend une recirculation de la solution riche de lixiviation pour obtenir un taux de lixiviation déterminé et, de préférence, une teneur en métal déterminée.

Dans la deuxième étape, on recycle avantageusement la solution de lixiviation dans la cuve ou colonne de lixiviation jusqu'à l'obtention d'une teneur en métal déterminée, mais de préférence jusqu'à l'obtention d'un taux de lixiviation déterminé.

25 Selon un autre exemple, dans une première étape on lixivie les particules au moyen d'une première solution, concentrée, de manière à obtenir une solution riche en métal ou métaux, on récupère de ladite solution du ou des métaux, éventuellement sous forme de solution, on régénère et éventuellement on ajuste ladite solution pour permettre sa réutilisation, et, dans une deuxième étape, on lixivie les particules au moyen d'une deuxième solution, diluée, on récupère de ladite solution du ou des métaux, éventuellement sous forme de solution, on régénère et éventuellement on ajuste ladite deuxième solution pour permettre sa réutilisation.

Dans cet exemple, les particules sont traitées une fois au moyen d'une solution concentrée, et, une autre fois, au moyen d'une solution diluée.

Enfin, en particulier, la présente invention concerne un procédé de traitement de matériaux broyés sur lesquels on effectue une séparation préalable des fines. Cette séparation des fines est effectuée de préférence par élutria-

tion dans un classificateur à partir des matériaux mainte-
nus en fluidisation dans un liquide, généralement de l'eau.
Le débit est ajusté de manière à maintenir les sables dans
le classificateur alors que les fines, schlamms et argiles,
5 sont entraînées par élutriation avec la phase liquide. Cete
technique est bien connue et utilisée couramment pour le
lavage des sables à des fins métallurgiques ou de construc-
tion.

10 Dans cette étape de séparation ou d'élimination de par-
ticules ayant une granulométrie inférieure à une granulo-
métrie prédéterminée et/ou ayant une densité inférieure à
une densité prédéterminée on soumet les particules à un
courant de liquide ascendant dans une cuve de manière à ce
15 qu'une partie des particules reste en suspension dans la
cuve, tandis qu'une autre partie des particules est évacuée
de la cuve au voisinage de sa partie supérieure, cette dite
autre partie comprenant, de préférence uniquement, des par-
ticules ayant une granulométrie prédéterminée et/ou une
20 densité inférieure à une densité prédéterminée. Après avoir
soumis les particules audit courant de liquide ascendant,
on laisse les particules se tasser. Après ledit tassement
on évacue hors de la cuve le liquide situé au-dessus des
particules, on soumet les particules tassées à un courant
25 d'une solution de lixiviation de manière à substituer ledit
liquide présent dans les particules tassées par de ladite
solution et on évacue hors de la cuve ledit liquide prove-
nant de la substitution.

30 Ce procédé comprend une succession d'opérations ou éta-
pes qui peuvent être réalisées dans des cuves, tours ou co-
lonnes différentes mais sont avantageusement réalisées dans
une même cuve, tour ou colonne.

35 Ces opérations assurent la solubilisation des métaux va-
lorisables contenus dans les sables maintenus en fluidisa-
tion dans la solution de lixiviation et la récupération de
cette solution. La classification, la lixiviation et la ré-
cupération de la solution peuvent s'effectuer de manière
40 séquentielle dans le classificateur même. Les fines sépa-
rées par élutriation au cours de la classification initia-
le, peuvent être récupérées et traitées comme rappelé plus
haut.

Le procédé tire parti de la vitesse de décantation élevée des sables ainsi que de la perméabilité des lits de sables au repos.

5 Ces propriétés sont mises à profit pour déplacer des liquides les uns par les autres, qu'il s'agisse de déplacer le liquide de classification par une solution d'un circuit de traitement métallurgique ou qu'il s'agisse de déplacer
10 une solution de lixiviation par une autre solution du circuit ou par les eaux de lavage. Les sables se séparent du liquide sitôt que le débit ascendant de fluidisation est interrompu permettant un soutirage direct d'une première partie du liquide. La part résiduelle, retenue dans les porosités du lit de sables, peut ensuite être aisément déplacée et substituée par tout autre liquide.
15

La substitution initiale, après classification et tassement des sables à lixivier, se fait par une solution prélevée du circuit d'extraction. La substitution finale, après
20 lixiviation et décantation des sables lixiviés, se fait par des solutions diluées ou encore par l'eau de lavage. D'autres substitutions de solutions peuvent être effectuées en cours de traitement pour assurer des conditions particulières de lixiviation par exemple en vue d'une solubilisation préférentielle de certains éléments ou encore en vue d'une
25 lixiviation à contre-courant.

En cours d'opération, les substitutions par différentes solutions du circuit peuvent généralement être moins complètes. Si bien qu'une interruption du débit de fluidisation pour permettre une première séparation des sables par
30 décantation suivie d'une substitution de solution dans le lit de sables n'est pas nécessaire. Il suffit alors de passer une solution après l'autre dans le lit tout en maintenant la fluidisation.
35

Une fois réalisée la substitution initiale du fluide de classification par une solution du circuit d'extraction, pompée à faible vitesse ascensionnelle à travers le lit de
40 sables au repos, le débit de cette solution est augmenté de manière à créer une poussée ascensionnelle égale ou légèrement inférieure à celle utilisée pour l'élutriation des fines. De cette manière les sables ou grosses particules sont remis en fluidisation et maintenus en agitation dans la solution de lixiviation durant le temps nécessaire ou prédé-
45

terminé pour la solubilisation des métaux. La solution peut sans problème être recyclée ou recirculée, les solides (sables, grosses particules) demeurant dans la cuve, tour ou colonne de classification où la séparation solide-liquide s'effectue de manière continue.

La poussée ascensionnelle de la solution lixivante est avantagement inférieure à la poussée ascensionnelle du liquide de classification des particules. Quant à la poussée ascensionnelle du liquide destiné à substituer un autre liquide présent dans les particules tassées, elle est avantagement juste suffisante pour obtenir une légère expansion du lit de particules tassé. Cette poussée ascensionnelle du liquide de substitution est inférieure à 25 % de la poussée ascensionnelle du liquide de classification, de préférence inférieure à 10 % de cette poussée.

Dans le cas où la solution de lixiviation et le liquide ont sensiblement la même densité et viscosité, la vitesse ascensionnelle de la solution lixivante est avantagement inférieure à la vitesse ascensionnelle du liquide de classification. Pour les substitutions, la vitesse ascensionnelle est avantagement inférieure à 25 %, de préférence 10 % de la vitesse ascensionnelle du liquide de classification.

D'autres particularités et détails de l'invention ressortiront de la description détaillée suivante dans laquelle il est fait référence aux dessins ci-annexés. Dans ces dessins,

- les figures 1 à 6 montrent, de façon schématique, diverses étapes d'un procédé suivant l'invention,
- la figure 7 représente de façon schématique l'installation utilisée dans l'exemple 1, et
- la figure 8 représente une variante d'un procédé suivant l'invention.

Les figures 1 à 6 décrivent de manière tout à fait générale les différentes étapes d'un procédé suivant l'invention. En fonction des caractéristiques particulières de chaque matériau ou du lixiviant, de la géométrie de l'enceinte, ou cuve, de son taux de chargement, des paramètres particuliers de la lixiviation considérée et de sa cinétique, l'importance relative de certaines étapes peut varier. Chaque cas est un cas d'espèce et doit être considéré comme

tel. La description et les figures présentées ne sont donc nullement limitatives. Pour la facilité de l'exposé il est considéré que le liquide utilisé pour l'élutriation et la classification initiale des solides, de même que pour le
5 repulpage et l'évacuation finale des résidus de lixiviation est l'eau, sachant que tout autre fluide peut convenir pour autant que sa densité soit inférieure à celle des solides.

La figure 1 présente le chargement d'une tour de fluidi-
10 sation 1. La pulpe de matériau à traiter (mélange eau particules) est alimentée en A et est soumise à un courant ascendant d'eau de fluidisation injectée au point B situé au bas de la tour.

15 Le flux ascendant est distribué sur toute la section de la tour et est ajusté aux caractéristiques du matériau à classier et à celles du liquide utilisé ainsi qu'à la coupure granulométrique souhaitée. Les paramètres qui régissent la classification et l'élutriation sont connus et
20 décrits dans les ouvrages scientifiques traitant de la fluidisation. Ces paramètres sont, par exemple: pour les solides; leur densité, leurs dimensions, leur distribution granulométrique, leur forme,... et pour les liquides; leur densité, leur viscosité et leur vitesse ascensionnelle.

25 Lorsque la tour est remplie d'eau, les fines sont entraînées avec le flux ascendant par le déversoir au point C situé à la partie supérieure de la tour ou colonne 1. A mesure que le remplissage se poursuit, le niveau du lit de
30 sables en fluidisation, représenté par la surface hachurée de la figure 1, s'élève jusqu'au voisinage du déversoir C. Le chargement est alors arrêté. Le niveau du lit de sables en fluidisation, lequel fixe le taux de chargement de la tour, est aisément contrôlé par une mesure de pression au
35 pied de la tour.

Le débit d'eau de fluidisation au point B, qui durant le chargement était inférieur au débit nominal de fluidisation pour tenir compte de l'eau apportée par l'alimentation de
40 la pulpe en A, est poussé à sa valeur nominale pour la classification et est maintenu à ce débit jusqu'à ce que la solution au déversoir supérieur C s'éclaircisse, indiquant que les matériaux argileux et les schlamms ont été élimi-
45 disation tant que la poussée du liquide de fluidisation ne

sera pas supérieure à celle utilisée au cours de l'élutriation initiale des fines ou qu'ils ne seront pas soutirés. L'eau d'élutriation peut éventuellement contenir des additifs facilitant la séparation des fines, tels des agents
5 tensio-actifs.

Les fines entraînées au déversoir C peuvent être séparées de l'eau d'élutriation, généralement après floculation, et l'eau ainsi récupérée peut être recirculée vers la
10 tour pour assurer la fluidisation des sables ou grosses particules. Si nécessaire un appoint d'eau sera effectué en D, par exemple. La pulpe de fines épaissie est soutirée du décanteur 2 en E et peut être traitée par une technique appropriée connue, déjà mentionnée plus haut, telle une lixiviation en présence de résine ou de charbon actif en suspension dans la pulpe.
15

Suivant les caractéristiques des solides, la coupure granulométrique désirée et la manière dont les solides sont
20 alimentés dans la tour, il peut être indiqué d'insérer, avant la floculation et la décantation des fines, un décanteur à sables fins, qui n'est pas représenté dans la figure 1. Le soutirage de ce décanteur 2 à sables fins sera alors renvoyé à l'alimentation des tours par la pompe 3. La nécessité de ce décanteur dépend de l'intensité de l'agitation parasite créée par le déversement de la pulpe dans la tour. Cette agitation parasite disparaît une fois le chargement terminé. L'installation d'un décanteur, pour séparer et recycler les sables fins entraînés, présente un avantage
25 supplémentaire, à savoir que, au moment de l'évacuation de la fraction liquide libérée par la décantation des sables dans la tour, comme nous verrons dans l'étape suivante, tout sable fin excédentaire par rapport au niveau du déversoir inférieur sera piégé et renvoyé vers l'alimentation.
35

Moyennant le maintien d'un flux ascensionnel dans les limites exposées plus haut, les sables peuvent être indéfiniment maintenus en fluidisation dans la tour. Il est dès lors aisé de remplacer l'eau d'élutriation par une solution
40 du circuit d'extraction. Toutefois le remplacement d'un liquide par un autre tout en maintenant la fluidisation, donne lieu à un mélange important de ces liquides, à cause de l'agitation des particules de sable et de la porosité importante du lit. La substitution de l'eau de classification
45 par une solution du circuit d'extraction aboutit dans ces

conditions à une augmentation importante du volume de solution du circuit d'extraction et à des pertes de métaux dissous et de réactifs.

5 Ce problème a été résolu par le procédé décrit en effectuant la substitution de l'eau résiduelle de classification par une solution du circuit dans les conditions décrites ci-dessous et illustrées par la figure 2.

10 Une fois les fines élutriées et les sables lavés, le débit d'eau ascendante est interrompu. Les sables décantent alors rapidement et se séparent de la phase liquide pour former un lit tassé qui est représenté par la nouvelle surface hachurée dans la figure 2. Une importante fraction de
15 l'eau résiduelle de la classification se trouve ainsi séparée des solides et est évacuée par un déversoir situé au niveau supérieur du lit de sable tassé, au point F.

Quant à la fraction d'eau résiduelle qui imprègne le lit
20 de sables au repos, elle est évacuée par le même point F, en injectant par le bas de la tour en H, à faible débit, une solution du circuit d'extraction. L'importance de ce débit peut varier suivant les caractéristiques des sables. Il sera de préférence ajusté de manière que, tout en causant une légère expansion du lit il ne provoque pas de
25 fluidisation significative des sables fins au sommet du lit. L'installation d'un décanteur intermédiaire avant la séparation des fines élutriées, mentionné plus haut, avec renvoi des sables fins décantés vers l'alimentation, peut
30 être nécessaire si la coupure de classification se situe à des diamètres de particules très faibles et que la fraction de sables fins est importante.

Le mode de substitution, tel que décrit plus haut, est
35 particulièrement efficace et correspond à "l'effet piston" utilisé pour décrire la substitution de solutions dans un gâteau de filtration. Comme la solution de substitution circule de bas en haut il n'y a évidemment pas de compression des solides, contrairement aux gâteaux de filtration,
40 mais plutôt une légère expansion qui assure un passage régulier des liquides dans les porosités du lit, quelle que soit la hauteur de ce dernier. En fait plus la hauteur du lit est importante, plus complète sera la substitution, pour une vitesse ascensionnelle et un taux de lavage donnés,
45 le taux de lavage étant défini comme le ratio du volu-

me de solution substituante au volume de solution imprégnante. Plus longue aussi sera la durée de l'opération. Le taux de substitution peut dépasser aisément les 98 % avec des taux de lavage à peine supérieur à 1. La même procédure
5 de substitution sera utilisée en fin de traitement pour le lavage des résidus de lixiviation et pour tout changement de solutions, en cours de traitement, dont il y a lieu d'éviter le mélange.

10 Il est également possible de substituer une solution du circuit d'extraction à l'eau de classification, ou encore l'eau de lavage à une solution de lixiviation, par un essorage naturel au travers du lit de sables. L'eau, ou la solution, est alors collectée par le fond de la tour. Ce mode
15 de substitution par essorage naturel est lent, le flux de solution étant fonction de la hauteur manométrique et de la porosité du lit qui peut diminuer après lixiviation par la présence de précipités ou de produits d'attrition. Par contre en opérant avec un flux ascendant de solution, l'expansion
20 du lit de sables permet d'imposer le débit de liquide de substitution et donc d'assurer une optimisation économique du taux de substitution et de la durée de l'opération.

Lorsque la solution du circuit de lixiviation a entièrement
25 ment chassé l'eau résiduelle de classification des porosités du lit de sables, ce qui est aisément détecté par le changement des caractéristiques de la solution au déversoir F, chute du pH par exemple dans le cas d'une lixiviation acide, le déversoir F est fermé et le débit de solution du
30 circuit en H est augmenté de manière à remettre les sables en fluidisation.

Il faut remarquer que la solution du circuit, utilisée pour déplacer l'eau interstitielle, réagit avec les sables
35 ou grosses particules, ceci pouvant causer la précipitation de composés ou sels de métaux résiduels dans la solution du circuit. Il peut en résulter l'élimination par le déversoir F d'un volume liquide supérieur à celui de l'eau résiduelle de classification qui imprégnait les sables. Dans ce cas,
40 l'entrée d'eau dans le circuit de traitement métallurgique avec l'alimentation des matériaux à traiter devient négative, ce qui n'est pas sans intérêt.

Le liquide sortant de la tour 1 est envoyé vers le dé-
45 canteur 2 de manière à récupérer des grosses particules qui

seraient emportées, en particulier si le niveau supérieur du lit est situé au dessus du niveau du déversoir F. L'eau récupérée en G du décanteur 2, peut resservir pour une autre opération de classification, tandis que les sables ou grosses particules récupérés en E peuvent être rechargés dans une tour 1 pour une nouvelle opération de classification.

Les figures 3 et 4 présentent le cas d'une double lixiviation des sables à contre-courant. La première lixiviation s'effectue avec la solution H issue d'une deuxième lixiviation désignée par O dans la figure 4. La première lixiviation fournit une solution riche en I qui est envoyée vers le circuit d'extraction métallurgique 4 en J, dans lequel on sépare un ou des métaux, éventuellement sous forme de solution, et on régénère une solution épuisée qui est envoyée au réservoir 5.

Il faut noter que la solution de première lixiviation recueillie au déversoir supérieur I peut être recirculée vers la même tour pour prolonger le temps de lixiviation. La solution de première lixiviation est recueillie dans le réservoir 6 et peut être recirculée à partir de ce réservoir.

La teneur en agents lixivians de la solution H, provenant du réservoir 7, est ajustée en K avant son alimentation dans le lit fluidisé. Les additions de réactifs peuvent être asservies à des mesures effectuées à différentes hauteurs dans le lit en fluidisation ou encore au déversoir supérieur I. Pour des lixiviations présentant des vitesses de réaction élevées, les points de mesure seront de préférence rapprochés du niveau d'injection de la solution et les valeurs de consigne ajustées de manière à ce que la lixiviation se poursuive sur toute la hauteur de la tour. Ceci permet d'ajuster les délais de réponse et d'assurer un meilleur contrôle des paramètres de réaction tels que l'acidité et le potentiel d'oxydo-réduction, par exemple. La solution provenant du réservoir 7 est injectée dans le bas de la tour grâce à une pompe 8.

A la fin de la première lixiviation, la deuxième lixiviation est démarrée en remplaçant la solution H par la solution N qui est une solution épuisée du circuit d'extraction L dont la teneur en agent lixiviant a été ajustée en

M. Cette solution provient du réservoir 5 et est injectée dans la tour 1 grâce à une pompe 9. La solution sortant de la tour 1 en O est amenée au réservoir 7 et est destinée au traitement d'une nouvelle charge (première étape de lixiviation). Généralement la deuxième lixiviation s'effectuera avec des teneurs plus élevées en agents lixivians de manière à assurer un meilleur épuisement des résidus. Le contrôle de l'addition des réactifs s'effectue comme pour la première lixiviation. Le remplacement d'une solution de lixiviation par une autre, ne nécessite généralement pas une séparation aussi complète que la substitution de l'eau de classification par la solution du circuit, si bien que le remplacement peut s'effectuer tout en maintenant la fluidisation. Si toutefois pour des raisons de procédé ces solutions doivent être gardées séparées, la substitution peut alors s'effectuer dans les conditions décrites plus haut à la figure 2 pour la substitution de l'eau de classification. Tout comme pour la première lixiviation, la solution de deuxième lixiviation peut être recirculée pour prolonger le temps de réaction, la recirculation n'est pas présentée à la figure 4 pour ne pas surcharger le schéma.

En augmentant la hauteur de la tour, le temps de réaction peut être prolongé de manière à éviter une recirculation de solutions. Les circuits de solutions sont alors simplifiés. Il est possible de lixivier avec un nombre quelconque d'étages à contre-courant et d'ajuster ainsi les teneurs en métaux et en réactifs dans les solutions de lixiviation de manière à satisfaire à la fois aux conditions d'extraction ultérieure et à l'épuisement des résidus de lixiviation. Une augmentation du nombre d'étages pour une lixiviation à contre-courant, nécessitera généralement un plus grand nombre de tanks de stockage et de tours. Chaque cas est évidemment particulier et doit être examiné en fonction de la nature et des caractéristiques du matériau à traiter ainsi que des quantités, de même que du procédé d'extraction subséquent. Il faut noter qu'une augmentation de la hauteur de la tour augmente sa capacité pour un même débit de fluidisation.

Une application intéressante permettant d'éliminer partiellement le coût d'une concentration des solutions de lixiviation avant extraction des métaux, consiste à effectuer une première lixiviation, qui peut comporter un ou plusieurs étages, avec des solutions suffisamment concen-

trées pour permettre une électrolyse directe, par exemple, sur la solution de lixiviation clarifiée. Une deuxième lixiviation, qui peut également comporter un ou plusieurs étages, bouclée sur un circuit de solutions diluées et comprenant une étape de concentration avant électrolyse, assure à la fois le déplacement de la solution riche utilisée pour la première lixiviation et une lixiviation plus complète.

10 Les matériaux à lixivier peuvent être aussi bien des minerais que des rejets de concentration, ou autres. La classification de minerais broyés, suivie d'une lixiviation directe des sables ou grosses particules dans un circuit de solutions concentrées, comme décrit au paragraphe précédent, est particulièrement intéressante parce que dans ce cas la majeure partie des métaux lixiviés de la fraction sables n'ont à supporter ni les frais d'une concentration par flottation ni les frais d'une concentration en solution. D'autre part la fraction fines séparée à la classification peut constituer une alimentation idéale pour une flottation en colonnes par exemple dont l'efficacité est souvent gênée par la présence de sables ou grosses particules dans l'alimentation. Une lixiviation des fines avec des résines ou charbons actifs en pulpe offre évidemment une autre possibilité.

La séparation continue solides-solution qu'implique le procédé de lixiviation en lit fluidisé, permet d'effectuer également des lixiviations sélectives en ajustant les conditions de chaque lixiviation de manière à solubiliser préférentiellement un élément par rapport à un autre. L'opération est alors menée avec des circuits différents en fonction non seulement de la concentration mais également de l'élément lixivié. Dans un cas comme dans l'autre, il peut être avantageux d'opérer une substitution complète, en passant d'un circuit de solutions à un autre, telle que décrite plus haut et illustrée par la figure 2.

Lorsque les sables sont épuisés à la fin de la dernière lixiviation, ce qui se note par la diminution de la consommation d'agents lixivians, le débit de solution de lixiviation au point N est arrêté, ce qui cause une décantation rapide des sables lixiviés qui forment un lit tel que présenté à la figure 5. La solution de lixiviation libérée au dessus du lit de sables est évacuée en Q. L'eau de lavage

est ensuite injectée en P à faible débit dans les mêmes conditions que celles décrites pour la substitution de la figure 2. La solution de lixiviation imprégnant les résidus est chassée et évacuée au point Q. La solution de lixiviation évacuée en Q est recueillie dans le réservoir 7. Lorsque les caractéristiques de la solution changent au déversoir Q, indiquant la fin du lavage, le pH monte par exemple dans le cas d'une lixiviation acide, le déversoir Q est fermé. Le débit d'eau en P est alors augmenté pour remettre les résidus en suspension comme présenté à la figure 6 et les résidus sont évacués à l'état de pulpe par pompage (pompe 10) ou par gravité par la sortie R située au pied de la tour. Une fois vidée, la tour est prête à recevoir une nouvelle charge de matériau à classifier et à lixivier, comme décrit dans les figures 1 à 6.

Les exemples suivants, non-limitatifs, décrivent des applications du procédé.

20 EXEMPLE 1

1.200 kg de rejets anciens de concentration de minerais d'oxydes de cuivre et de cobalt, sont chargés dans une cuve de 1 mètre carré de section et de 1,5 mètre de hauteur utile. La classification et l'élutriation des fines s'effectue avec un débit d'eau de 21 mètres cubes par heure. La vitesse ascensionnelle apparente, définie comme le rapport du débit en mètres cubes sur la section du classificateur en mètres carrés, est par conséquent de 21 mètres par heure. La fraction de fines élutriée est flocculée puis décantée et l'eau est recirculée vers le classificateur avec un complément d'eau, ajouté comme décrit dans la figure 1, pour maintenir le débit à 21 mètres cubes par heure.

Les sables ou grosses particules retenus dans la cuve avaient une granulométrie de 99 % en poids supérieurs à 64 microns. Les fines élutriées représentent 18 % du poids sec des rejets chargés dans le classificateur et leur granulométrie descend jusqu'à 3 % en poids plus petits que 1 micron.

40

Après 20 minutes de classification l'eau entraînant les fines, par le point de débordement C de la figure 1, s'éclaircit annonçant la fin du lavage des sables. Ceux-ci se sont en même temps classés suivant un gradient de dimensions de particules décroissant à partir de la base de la

45

tour. Le débit d'eau est coupé et les sables décantent dans la tour. Après 10 minutes, l'eau libérée par la décantation des sables est soutirée au point F représenté à la figure 2.

5

La solution, communément appelée raffinat ou encore retour du circuit d'extraction par solvant, désigné par 4 dans la figure 7, est alors pompée (pompe 11) du réservoir 12 pour être amenée dans la tour 1 en H à raison de 2 mètres cubes par heure pour chasser l'eau résiduelle imprégnant les sables. Cette eau résiduelle est toujours évacuée au point F de la figure 2 où le pH est mesuré et enregistré. Lorsque la solution du circuit atteint le niveau du point F elle provoque une brusque variation du pH qui passe à une valeur inférieure à 8. Arrivé à une valeur proche de 5, le débordement au niveau F est fermé et le débit de solution de raffinat injecté en H à la figure 7 est augmenté à 18 mètres cubes par heure, soit une vitesse ascensionnelle apparente de 18 mètres par heure.

20

Les sables se remettent rapidement en fluidisation et la solution déborde au point I de la figure 7. Le pH y est contrôlé et de l'acide est ajouté au raffinat dans le réservoir 12 au point K pour maintenir le pH à une valeur de 2,3 en I. L'apport de raffinat frais est coupé et la solution débordant au point I est recirculée pendant 1 heure vers le tank 12 de mise en charge de la pompe où l'acide continue à être ajouté en K pour maintenir le pH de 2,3 au débordement en I. La recirculation est représentée par le trait discontinu de la figure 7.

Après une heure de lixiviation à pH 2,3 la solution de recirculation est envoyée vers le circuit d'extraction par solvant 4 en J via le réservoir 6 et remplacée par du raffinat frais injecté au même débit de 18 mètres cubes par heure. L'addition d'acide en K est ajustée maintenant pour maintenir à la sortie I de la tour 1 un pH de 1,3. Après avoir pompé du raffinat à raison d'environ 1,5 fois le volume libre de l'installation, le débordement en I est à nouveau recirculé par le trait discontinu représenté à la figure 7 et le pH est maintenu à une valeur de 1,3.

Après 40 minutes, la solution de deuxième lixiviation est remplacée par une solution fraîche de raffinat et évacuée vers le circuit d'extraction par solvant 4 en J. Le

raffinat frais est renvoyé dans le réservoir 12 et est recirculé durant 40 minutes dans la tour 1 (trait discontinu). De l'acide est ajouté dans la réservoir 12 (K) pour maintenir un pH de 1,3 à la sortie I de la tour 1. Durant
5 cette dernière étape, la consommation d'acide est très faible indiquant que la lixiviation se termine.

Après 40 minutes, la recirculation est arrêtée et les résidus de lixiviation laissés au repos décantent. Après 10
10 minutes, la solution au dessus du lit de sables tassé est évacuée de la tour par le point Q de la figure 5 et, n'étant que faiblement enrichie en métaux dissous, est retournée vers le tank de stockage 12 du raffinat pour la lixiviation suivante.

15 L'eau de lavage est alors introduite au bas de la tour au point P (figure 5) avec un débit de 2 mètres cubes par heure chassant la solution de lixiviation résiduelle qui est toujours évacuée par le point Q. Le pH est enregistré
20 en Q et, lorsqu'il amorce une remontée, la sortie Q est fermée et le débit d'eau est augmenté pour remettre les résidus en fluidisation. L'évacuation des résidus, maintenus en suspension par fluidisation, est alors réalisée par gravité au point bas représenté par R dans la
25 figure 6.

Les résultats métallurgiques sont les suivants:

- première lixiviation : rendements de solubilisation
 - 30 cuivre : 51,0 %
 - cobalt : 2,5 %
- deuxième lixiviation : rendements de solubilisation
 - cuivre : 31,0 %
 - cobalt : 6,0 %
- troisième lixiviation : rendements de solubilisation
35 cuivre : 12,0 %
cobalt : 15,8 %

Ces rendements étant chacun rapportés au cuivre et au cobalt initiaux, les rendements globaux de solubilisation sont

- 40 cuivre : 94,0 %
- cobalt : 24,3 %

Le fer dissous était précipité au cours de la première lixiviation à pH 2,3 à partir du raffinat, retour du
45 circuit d'extraction par solvant. Le fer ainsi précipité ne

- 22 -

se dissolvait ensuite que très faiblement au cours des deuxième et troisième lixiviations, si bien que à aucun moment la teneur fer en solution n'a dépassé 500 milligrammes par litre.

5

La consommation d'acide totale par les éléments de gangue pour les trois lixiviations était de 490 kilogrammes par tonne de cuivre solubilisé.

10 EXEMPLE 2

Les conditions de l'exemple 1 étaient reprises, mais le potentiel redox des solutions en I était contrôlé tout comme le pH. Le potentiel initial de 650 mV, comme dans l'exemple 1, était abaissé à 350 mV, en faisant circuler la solution dans une colonne de granules de cuivre avant la lixiviation en lit fluidisé. Les potentiels étaient mesurés par rapport à une électrode Ag/AgCl, avec pont de KCl saturé.

20 Dans ces conditions les résultats de lixiviation du cuivre et les consommations d'acide se sont maintenus mais par contre les rendements de solubilisation du cobalt ont variés considérablement, donnant

à la première lixiviation : 26 %
25 à la deuxième lixiviation : 31 %
à la troisième lixiviation : 31 %

soit un rendement total de solubilisation cobalt de 88 %.

EXEMPLE 3

30 Le même type de rejets de concentration que dans l'exemple 1 était chargé dans une colonne de 15,5 mètres de hauteur utile. Les vitesses ascensionnelles apparentes étaient de 20,75 mètres par heure pour la classification et de 17,6 mètres par heure pour la lixiviation. Les substitutions de solutions avant et après lixiviation étaient faites avec une vitesse ascensionnelle apparente de 1,8 mètre par heure. Des électrodes pour la mesure du pH et du potentiel redox étaient situées à 2,4 mètres, 7,3 mètres, 9 mètres, 12,7 mètres et à 15,5 mètres. Les hauteurs de 9 mètres et de 15,5 mètres correspondaient respectivement aux déversoirs inférieurs et supérieurs.

Le chargement de la colonne était contrôlé sur base d'un abaque : charge - pression - débit. La pression était mesurée sur la conduite d'alimentation de solution au pied

45

- 23 -

de la colonne et le débit d'eau était mesuré par un débitmètre magnétique. Après classification, il a été procédé à une double lixiviation à contre-courant suivant le schéma décrit dans les figures 3 et 4 et la même

5 séquence des opérations a été suivie. Etant donnée la durée de chaque opération, fonction des vitesses ascensionnelles de la solution au cours de chacune et de la hauteur de la colonne, les deux lixiviations ont été effectuées successivement par simple changement de solution et sans

10 recirculation. Le potentiel était ajusté par une addition de sulfite.

Les durées des différentes étapes du cycle sont résumées ci-dessous:

15	- chargement	:	2,0 h
	- classification	:	1,0 h
	- tassement	:	0,5 h
	- substitution 1	:	2,5 h
	- lixiviation 1	:	2,0 h
20	- lixiviation 2	:	2,0 h
	- tassement	:	0,5 h
	- substitution 2	:	2,5 h
	- déchargement	:	2,0 h
	Durée totale du cycle	:	15,0 h

25 Il faut remarquer que les temps de chargement et de déchargement dépendent de facteurs externes au procédé lui-même, alors que les temps des substitutions 1 et 2, sont imposés par la vitesse ascensionnelle de substitution

30 adaptée au matériau traité comme expliqué plus haut.

Les légères augmentations de rendements de lixiviation de cuivre et de cobalt obtenus, comparés à l'exemple précédent, sont attribuables d'une part à des temps de

35 lixiviation plus importants à cause de la durée des substitutions et d'autre part à un lavage quasi complet au travers d'un lit de résidus de lixiviation de 9 mètres d'épaisseur.

40 EXEMPLE 4

Dans cet exemple du minerai broyé a été lixivié en deux étapes avec des solutions de deux circuits d'extraction différents désignés 41 et 42 dans la figure 8. Le circuit 41 opère avec une solution de lixiviation concentrée qui

45 alimente directement des cellules d'électrodéposition du

- 24 -

cuivre, sans concentration préalable de la solution de lixiviation. Alors que le circuit 42 opère une concentration du cuivre par extraction par solvant avant son électrodéposition. La première lixiviation était effectuée à un pH de 2,3, alors que la deuxième était une lixiviation à contre-courant en deux étapes, comme dans l'exemple 3, menées successivement à pH 2,3 et 1,3. Les additions d'acide pour le contrôle de ces pH étaient effectuées respectivement aux points K et M de la figure 8. Le potentiel redox au cours des deux lixiviations était contrôlé par l'addition d'une solution concentrée d'hydrosulfite de soude.

Après la classification initiale des sables et leur tassement, la substitution de l'eau de classification s'est effectuée avec une solution retour d'électrolyse, titrant 35 grammes par litre de cuivre, avec une vitesse ascensionnelle apparente de 1,8 mètre par heure. Après la substitution, le débit de la solution retour d'électrolyse a été poussé à une vitesse ascensionnelle de 18 mètres par heure pendant deux heures et la solution de lixiviation débordant en I a été envoyée, après clarification, vers l'électrolyse du circuit 41 pour produire des cathodes de cuivre.

A la fin de la première lixiviation, afin de ne pas mélanger les solutions du circuit concentré avec celles du circuit dilué, une substitution complète a été effectuée dans les mêmes conditions que la substitution de l'eau de classification initiale.

Après 2,5 heures de déplacement de la solution de première lixiviation avec du raffinat du circuit 42, à une vitesse ascensionnelle apparente de 1,7 mètre par heure, le déversoir inférieur a été fermé et le débit de la solution du circuit 42, après ajustement de sa teneur en acide, a été augmenté pour remettre les sables en fluidisation. La deuxième lixiviation à contre-courant en deux étapes a ensuite été effectuée comme pour l'exemple précédent. Il faut noter que la fin du déplacement de la première solution de lixiviation et la deuxième lixiviation proprement dite avec le raffinat de 42 peuvent se chevaucher.

Le traitement s'est ensuite poursuivi par une substitution complète de la solution de deuxième lixiviation par l'eau de lavage et s'est terminé par la mise en suspension

des résidus dans l'eau et leur évacuation de la colonne, comme pour les exemples précédents.

5 Les rendements de solubilisation du cuivre et du cobalt, tout comme la consommation d'acide pour les deux lixiviations étaient semblables à ceux de l'exemple précédent.

10 Le cycle de traitement s'était rallongé de 5 heures pour effectuer une première lixiviation en solution concentrée, laisser tasser les premiers résidus et substituer la première solution par le raffinat pour la deuxième lixiviation. Par contre 75 % du cuivre avaient été lixiviés au cours de la première lixiviation en solution concentrée sans les coûts de flottation de cette fraction du minerai
15 ni de concentration de la solution par extraction par solvant avant électrolyse.

20 Par le terme "fluidisation", on entend un procédé dans lequel des particules sont maintenues en suspension dans un courant ascendant d'un liquide.

La définition des termes "élutriation", "classification", "décantation" (settling) et "attrition" peut se retrouver dans "A Dictionary of mining, mineral and related Terms" du Bureau of Mines, US Department of the Interior,
25 1968.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour l'extraction d'un ou de métaux d'une matière dans lequel on lixivie la matière sous forme de particules au moyen d'une solution de lixiviation, caractérisé
5 en ce qu'on soumet lesdites particules à un courant ascendant de solution de lixiviation de manière à maintenir au moins une partie des particules en suspension dans de la solution de lixiviation et de manière à obtenir au dessus
10 de la dite partie des particules en suspension de la solution pauvre en particules, de préférence exempte de particules.

2. Procédé suivant la revendication 1 dans lequel on traite les matières à lixivier dans une cuve, tour ou colonne, caractérisé en ce qu'on amène de la solution de lixiviation dans la cuve, tour ou colonne au voisinage de son fond et en ce qu'on évacue de la solution de lixiviation de la cuve, tour ou colonne au voisinage de sa partie supérieure de manière à créer un flux ascendant de solution
15 dans la cuve, tour ou colonne, le dit flux étant suffisant pour maintenir au moins une partie des particules en suspension dans la solution de lixiviation.

3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé
25 en ce qu'on maintient en suspension dans la cuve, tour ou colonne les particules à lixivier de manière à ce qu'elles ne soient pas évacuées par de la solution hors de la cuve, tour ou colonne.

30 4. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on maintient en suspension les particules à lixivier en injectant dans la cuve, tour ou colonne de lixiviation de la solution de lixiviation.

35 5. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'après l'étape de lixiviation des particules, on laisse les particules se tasser; après tassement, on évacue la solution de lixiviation située au-dessus des particules et on soumet les particules à un courant d'un liquide destiné à substituer au moins partiellement
40 la solution de lixiviation présente dans les particules tassées par ledit liquide.

6. Procédé suivant la revendication 5, caractérisé en ce
45 qu'on assure un courant ascendant dudit liquide et en ce

qu'on évacue au moins partiellement la solution de lixiviation substituée par ledit liquide.

5 7. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'on effectue la lixiviation des particules en au moins deux étapes de lixiviation.

8. Procédé suivant la revendication 7, caractérisé:

- 10 - en ce que, dans une première étape, on lixivie les particules au moyen d'une solution provenant d'une étape de lixiviation d'autres particules, cette solution étant destinée à épuiser ces autres particules en un ou des métaux, ladite première étape étant destinée à obtenir une solution riche en un ou des métaux, solution qui est éventuellement
- 15 recyclée pour obtenir un taux de lixiviation déterminé et/ou une teneur en métal déterminée,
- en ce qu'on envoie cette solution riche vers une unité de traitement dans laquelle on récupère le ou les métaux, éventuellement sous forme de solution, et dans laquelle on
- 20 régénère une solution de lixiviation,
- en ce qu'on ajuste éventuellement la teneur en agent lixiviant de la solution régénérée, et
- en ce que dans une deuxième étape de lixiviation, on lixivie à nouveau les particules au moyen de la solution
- 25 régénérée, éventuellement ajustée, de manière à épuiser les particules en métal ou métaux et à obtenir une solution, dont la teneur en métal ou métaux est accrue et convenant pour la lixiviation d'autres particules, cette solution étant éventuellement recyclée pour obtenir un épuisement
- 30 déterminé en métal ou métaux de particules et/ou une teneur déterminée en métal ou métaux de la solution.

9. Procédé suivant la revendication 7, caractérisé en ce que dans une première étape on lixivie les particules au

35 moyen d'une première solution concentrée de manière à obtenir une solution riche en métal ou métaux, on récupère de la dite solution du ou des métaux, éventuellement sous forme de solution, on régénère et éventuellement on ajuste ladite solution pour permettre sa réutilisation, et en ce que

40 dans une deuxième étape on lixivie les particules au moyen d'une deuxième solution diluée, on récupère de ladite solution du ou des métaux, éventuellement sous forme de solution, on régénère et éventuellement on ajuste ladite deuxième solution pour permettre sa réutilisation.

10. Procédé suivant la revendication 5, caractérisé en ce qu'après la lixiviation des particules et la substitution de la solution présente dans les particules tassées par un liquide, on adapte le débit de liquide de manière à remettre en suspension les particules ou à obtenir une pulpe, cette remise en suspension ou pulpe facilitant la décharge des particules lixiviées.

11. Procédé suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que préalablement à la lixiviation on élimine des particules ayant une granulométrie inférieure à une granulométrie prédéterminée et/ou ayant une densité inférieure à une densité prédéterminée.

12. Procédé suivant la revendication 11, caractérisé en ce qu'on soumet les particules à un courant ascendant de liquide dans une cuve, tour ou colonne de manière à ce qu'une partie des particules reste en suspension dans la cuve, tour ou colonne, tandis qu'une autre partie des particules est évacuée de la cuve, tour ou colonne au voisinage de sa partie supérieure, cette dite autre partie comprenant essentiellement, de préférence uniquement, des particules ayant une granulométrie inférieure à une granulométrie prédéterminée et/ou ayant une densité inférieure à une densité prédéterminée.

13. Procédé suivant la revendication 12, caractérisé en ce qu'après avoir soumis les particules audit courant de liquide, on laisse les particules se tasser, après ledit tassement on évacue hors de la cuve, tour ou colonne le liquide situé au-dessus des particules, on soumet les particules à un courant d'une solution de lixiviation de manière à substituer ledit liquide présent dans les particules tassées par ledit liquide provenant de la substitution.

14. Procédé suivant la revendication 5 ou 10 ou 12, caractérisé en ce que le liquide est de l'eau ou un autre liquide de lavage.

15. Procédé suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on crée un gradient de particules dans les particules mises en suspension, de manière à ce que les particules de plus grandes dimensions et/ou densité soient soumises au courant ascendant de solu-

tion lixiviante avant les particules de dimension inférieure et/ou de densité inférieure.

5 16. Procédé suivant la revendication 12, caractérisé en ce que la poussée du courant ascendant de liquide pour éliminer des particules ayant une granulométrie inférieure à une granulométrie prédéterminée et/ou ayant une densité inférieure à une densité prédéterminée est égale, de préférence supérieure, à la poussée du courant ascendant de la solution de lixiviation.

15 17. Procédé suivant la revendication 5 ou 13, caractérisé en ce que le courant de liquide ou solution pour substituer respectivement de la solution ou du liquide présent dans les particules tassées est tel que les particules forment un lit expansé par rapport au lit de particules tassées.

20 18. Procédé suivant la revendication 17, caractérisé en ce que la poussée ascensionnelle du liquide ou de la solution de substitution est inférieure à 25 %, de préférence à 10 % de la poussée ascensionnelle du liquide ou de la solution respectivement lors de l'étape d'élimination de particules ayant une granulométrie inférieure à une granulométrie déterminée et/ou ayant une densité inférieure à une densité déterminée et lors de l'étape de lixiviation des particules en suspension.

30 19. Procédé suivant la revendication 17, caractérisé en ce que la vitesse ascensionnelle du liquide ou de la solution de substitution est inférieure à 25 %, de préférence à 10 % de la vitesse ascensionnelle du liquide ou de la solution respectivement lors de l'étape d'élimination de particules ayant une granulométrie inférieure à une granulométrie déterminée et/ou ayant une densité inférieure à une densité déterminée et lors de l'étape de lixiviation des particules en suspension.

- 30 -

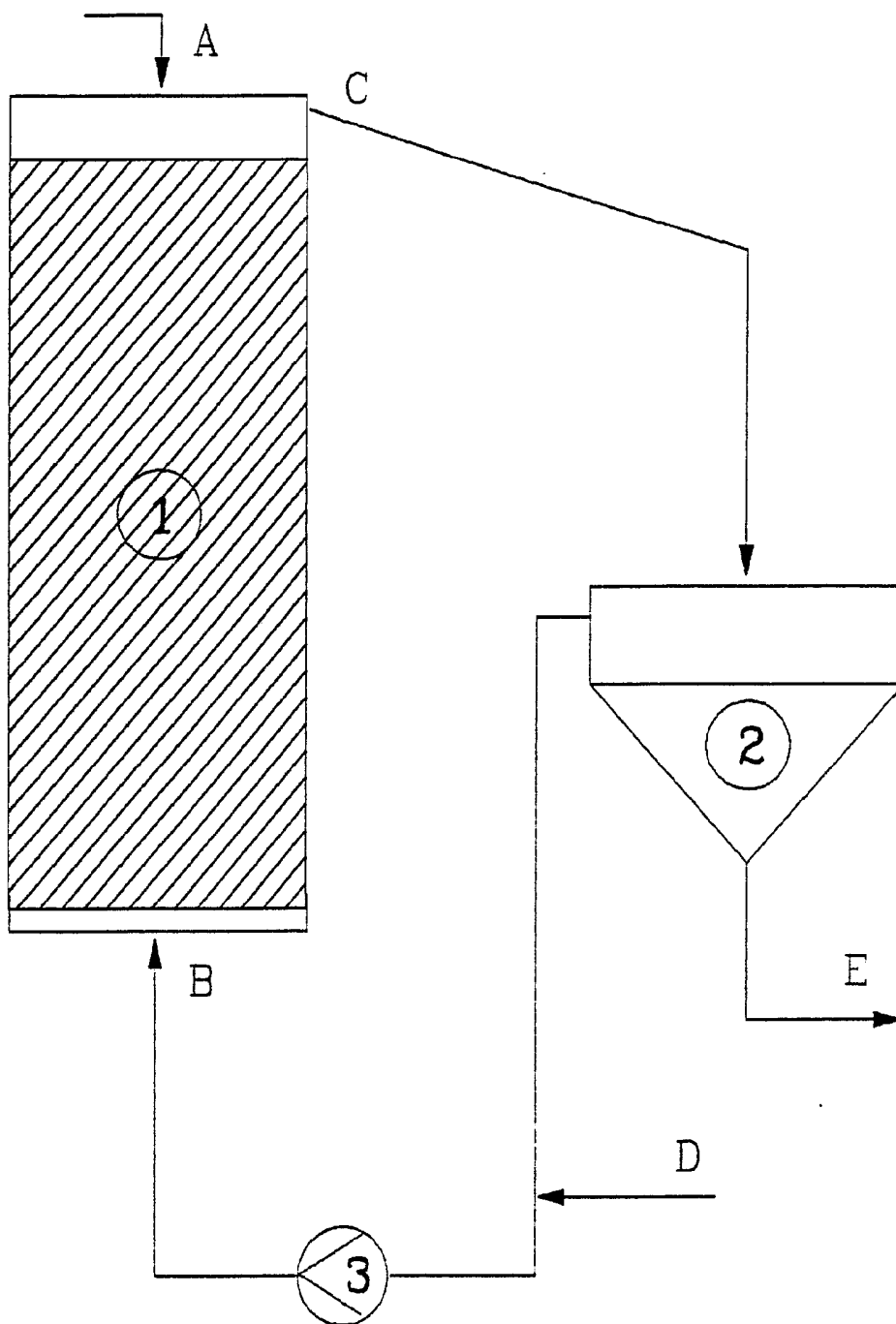


Figure 1

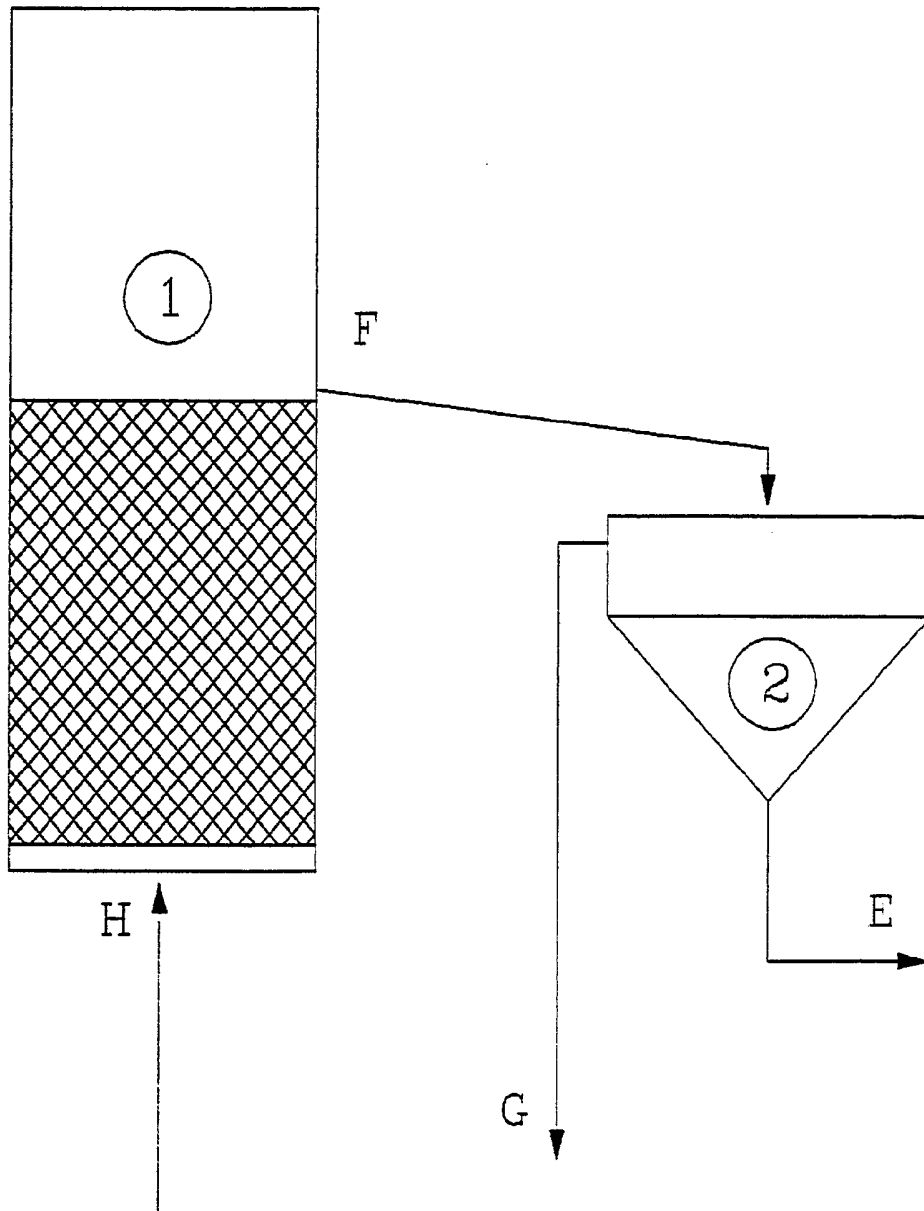


Figure 2

- 32 -

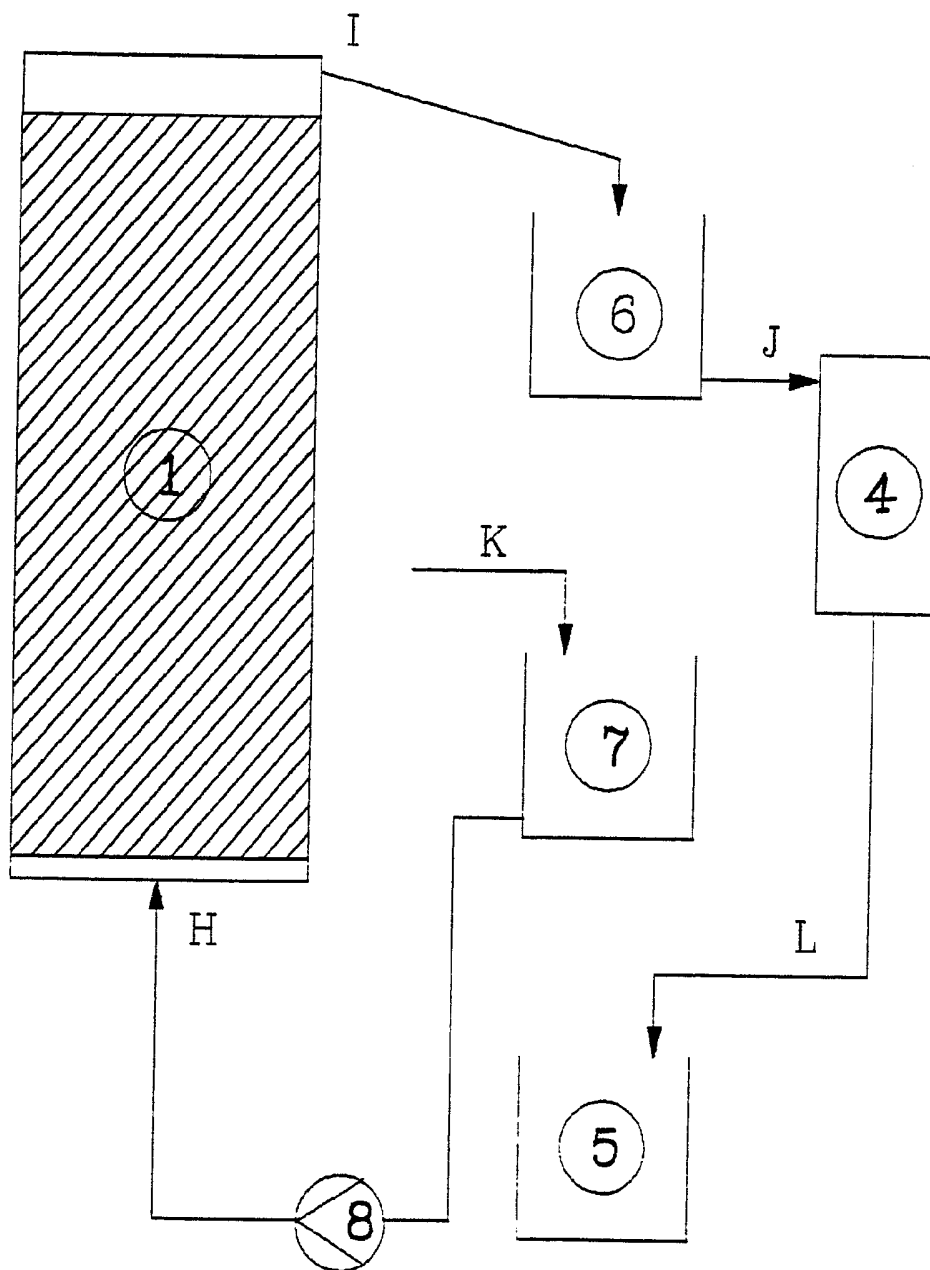


Figure 3

- 33 -

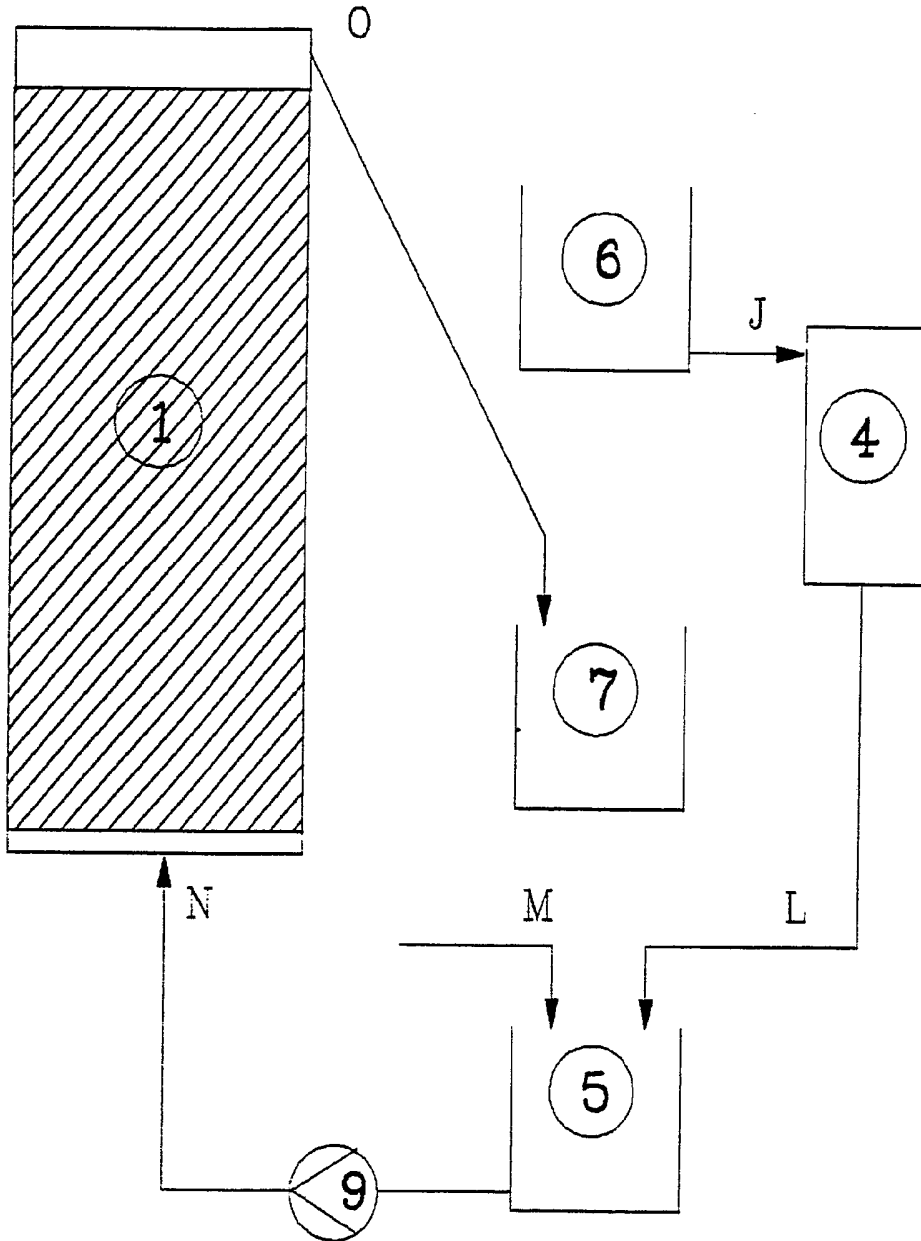


Figure 4

- 34 -

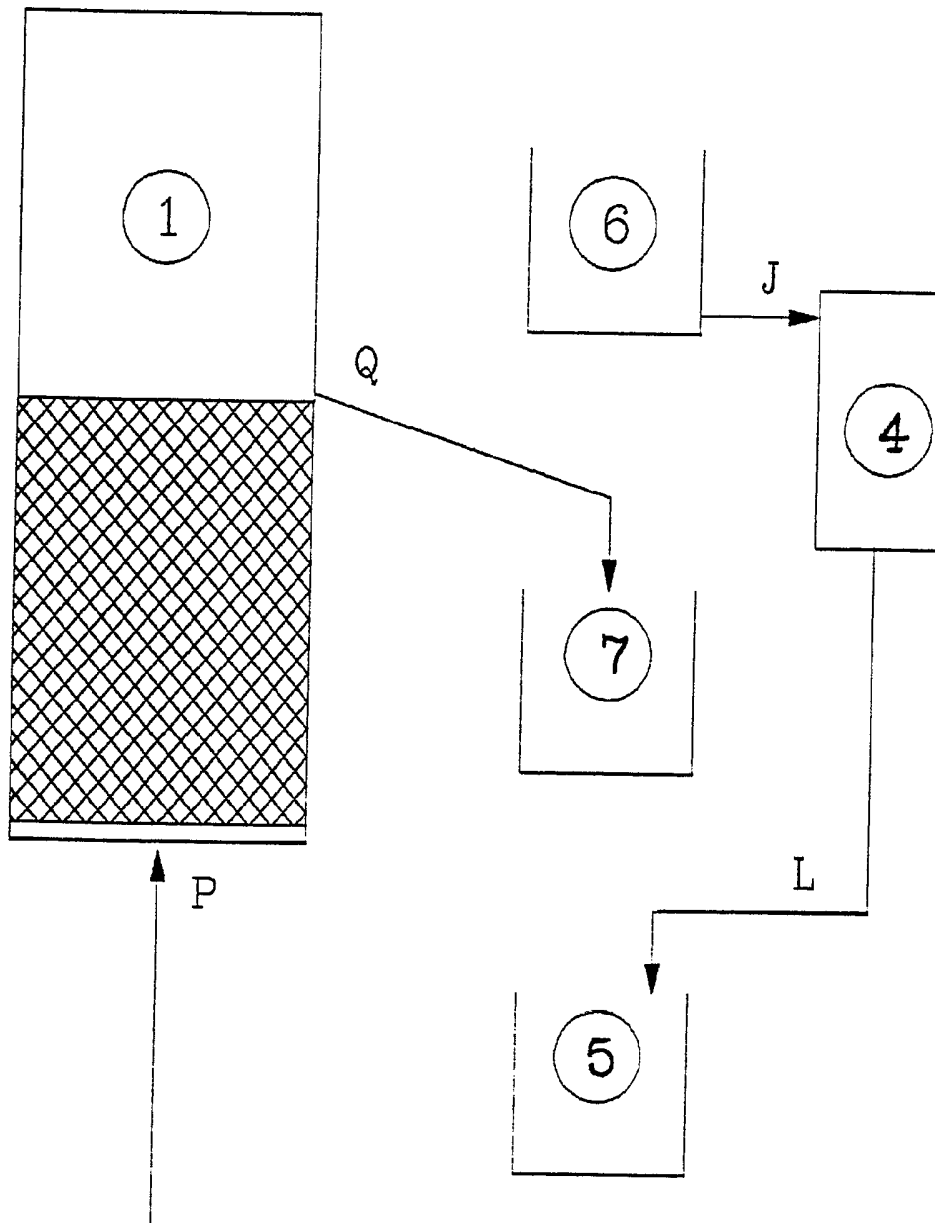


Figure 5

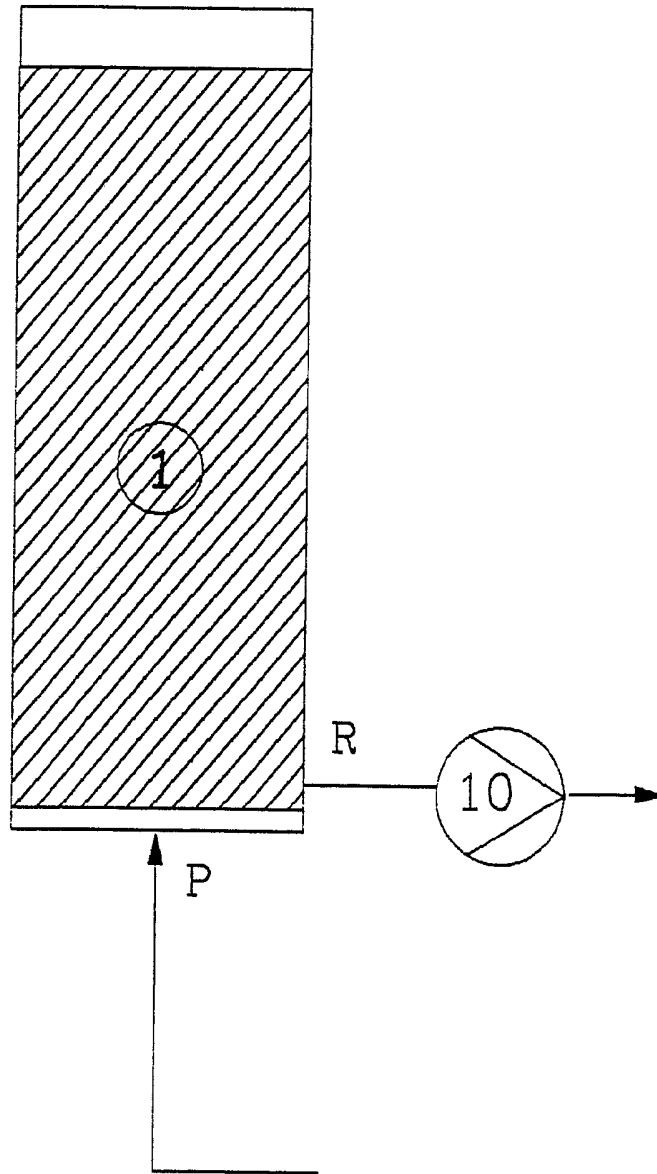


Figure 6

- 36 -

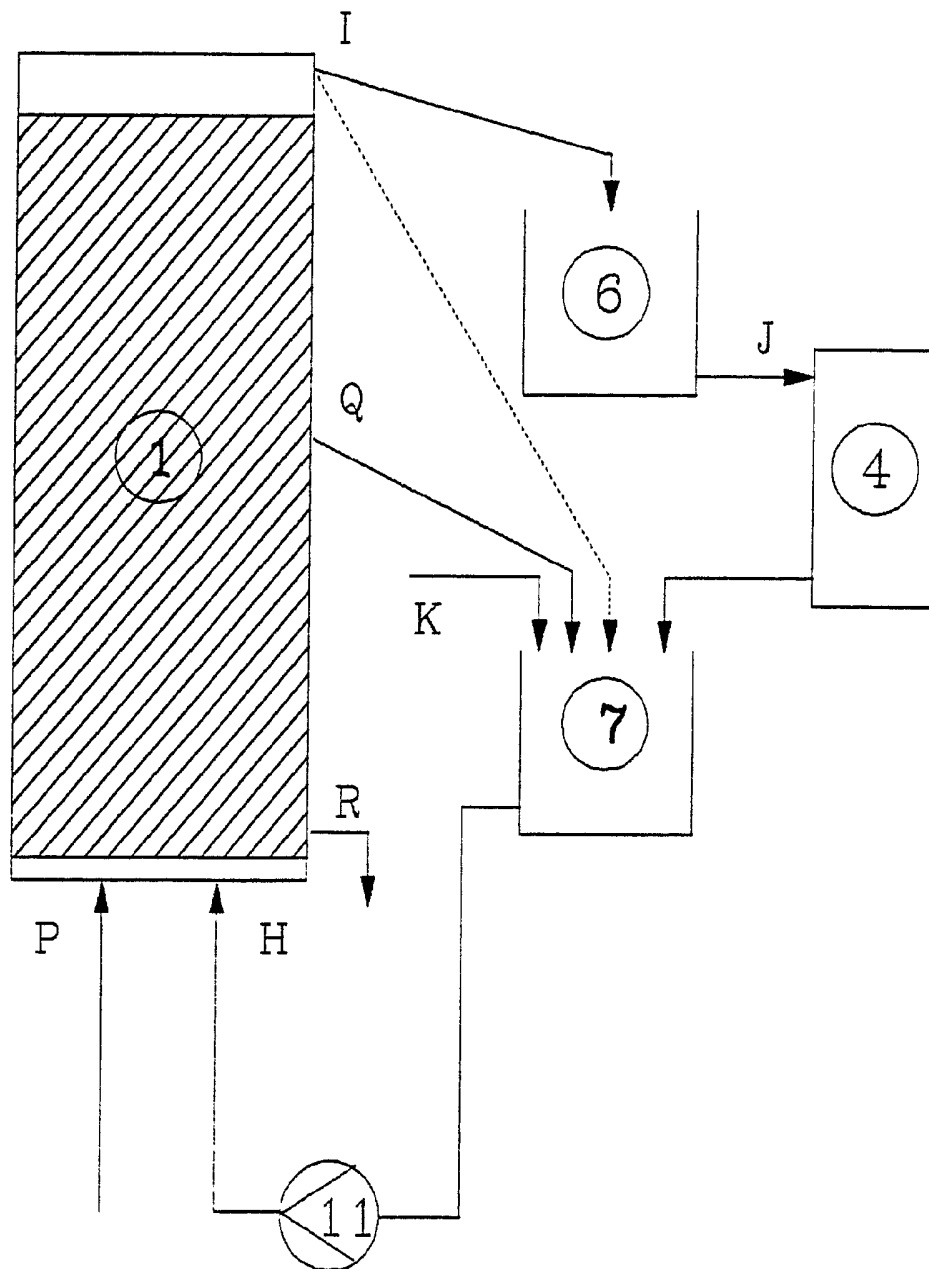


Figure 7

- 37 -

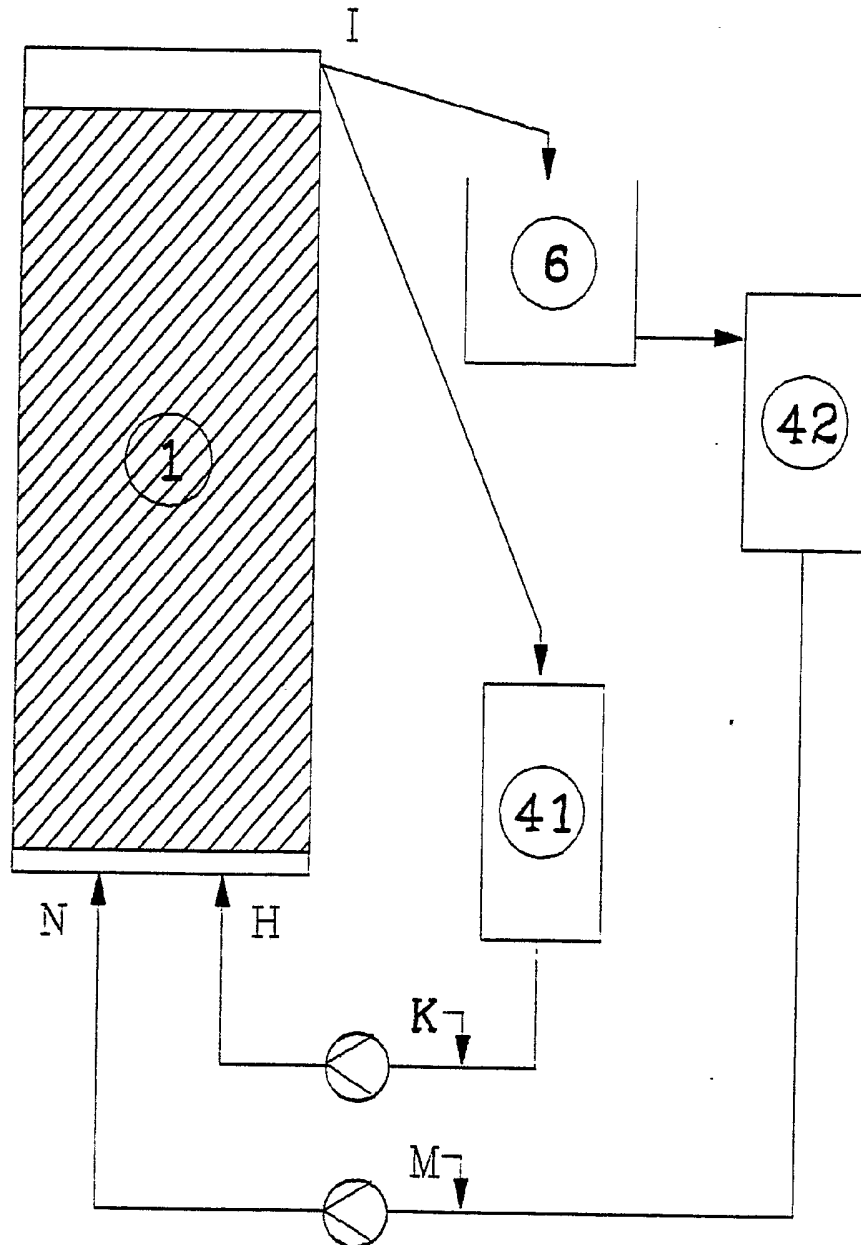


Figure 8



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE

établi en vertu de l'article 21 § 1 et 2
de la loi belge sur les brevets d'invention
du 28 mars 1984

Numero de la demande
nationale

BE 9200550
BO 3755

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	CH-A-508 413 (R.GRAESSER LTD) * colonne 1, ligne 7 - ligne 21 * * colonne 3, ligne 32 - ligne 58 * ----	1-19	B01D11/02
A	FR-A-2 437 865 (BATELLE MEMORIAL INSTITUTE) * figure 2 * -----	1-19	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			B01D C22B
		Date d'achèvement de la recherche 12 FEVRIER 1993	Examinateur SCHMIDT H.R.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 01.82 (P048)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET BELGE NO.**

BE 9200550
BO 3755

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

12/02/93

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CH-A-508413	15-06-71	Aucun	
FR-A-2437865	30-04-80	CH-A- 625251	15-09-81
		CA-A- 1140920	08-02-83
		DE-A- 2940547	17-04-80
		OA-A- 6350	30-06-81
		SE-B- 445358	16-06-86
		SE-A- 7907518	05-04-80
		US-A- 4292089	29-09-81