

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 542 110

②1 N° d'enregistrement national :

83 03501

⑤1 Int Cl³ : G 05 D 19/00; G 01 N 15/07 // A 61 B 5/14.

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 3 mars 1983.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 36 du 7 septembre 1984.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : **COULTER CORPORATION.**
— US.

⑦2 Inventeur(s) : Robert E. Auer.

⑦3 Titulaire(s) :

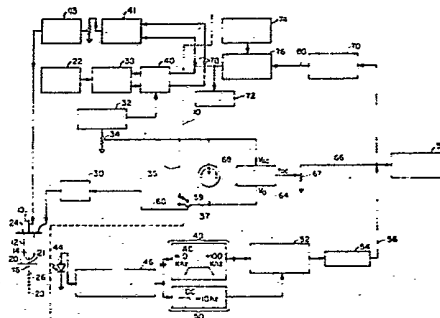
⑦4 Mandataire(s) : Z. Weinstein.

⑤4 Procédé et dispositif pour détecter le changement du point de détachement d'un système de production de gouttelettes.

⑤7 L'invention concerne un dispositif pour analyser et trier des particules en suspension dans un liquide, ce dispositif comprenant un moyen formant jet pour produire un courant d'un jet de la suspension liquide, un moyen vibratoire pour faire vibrer le courant pour produire des ondulations à la surface du courant et une désintégration subséquente du courant en gouttelettes pour les récupérer en aval et un moyen de rayonnement pour forcer un faisceau de rayonnement à faire impact sur le courant en un emplacement ayant le point de détachement des gouttelettes.

Selon l'invention, un moyen de détection 44 couplé au moyen vibratoire 24 et répondant au rayonnement dispersé par le courant 16, produit un signal de sortie qui est fonction de l'ondulation à cet emplacement.

L'invention s'applique notamment aux analyseurs de particules.



FR 2 542 110 - A1

La présente invention se rapporte à un dispositif pour trier des particules minuscules dans un fluide, et en particulier à un tel dispositif où l'on fait vibrer un courant d'un jet liquide contenant ces particules pour
5 produire des ondulations à la surface du courant du jet et une désagrégation subséquente du courant en gouttelettes qui sont alors triées selon les caractéristiques des particules et recueillies en aval.

Des dispositifs de la sorte ci-dessus peuvent être
10 considérés comme des systèmes de triage cytométrique à écoulement et on les utilise dans le domaine de la recherche et du diagnostic médical pour l'analyse rapide des cellules du sang et autres cellules biologiques. Des systèmes pour la séparation des cellules et pour les trier
15 sont décrits dans les brevets US 4 038 556; 3 963 606; 3 710 933 et 3 380 584, dans SCIENCE, volume 198, pages 149-157, publié le 14 Octobre 1977 et dans les références qui y sont citées.

Le brevet US N° 4 038 556 révèle un procédé et
20 un dispositif pour la mesure optique simultanée de plusieurs caractéristiques de chaque particule d'un groupe de petites particules tandis que les particules sont en suspension dans un liquide.

Le brevet US N° 3 963 606 révèle un séparateur
25 de particules pour séparer des particules dans un liquide selon certaines caractéristiques comprenant un dispositif pour ajuster un retard électrique pour qu'il soit égal au temps entre l'émergence d'une particule d'une ouverture formant un jet et son point de détachement.

Le brevet US N° 3 710 933 révèle un dispositif
30 pour analyser automatiquement et trier des particules minuscules en suspension dans un liquide sur la base de certaines caractéristiques présélectionnées.

Le brevet US N° 3 380 584 révèle un séparateur
35 de particules où des impulsions électriques forcent un coupleur acoustique à faire vibrer le fluide qui contient les particules.

L'article de SCIENCE, volume 198, pages 149-157 révèle un cytomètre à écoulement. La fluorescence de cellules biologiques dans un courant de fluide est mesurée à l'intersection avec un faisceau laser. Les gouttelettes
5 contenant les cellules d'intérêt sont triées hors du courant de fluide. Les brevets ci-dessus sont incorporés ici à titre de référence parce qu'ils peuvent être nécessaires à la compréhension complète des techniques mises en cause et des enseignements de la présente invention.

10 Un problème majeur dans l'utilisation de systèmes trieurs de cellules où un courant en jet soumis à des vibrations se détache en gouttelettes consiste à déterminer si un changement s'est produit au point où le courant du jet se transforme en gouttelettes. Si l'instant précis du
15 détachement par rapport au point de détection change, alors l'instrument cesse d'être un trieur de cellules et devient un trieur d'eau ou d'une solution saline ayant une teneur inconnue en cellules. Un résultat encore moins souhaitable est obtenu si les particules non voulues sont triées
20 lorsqu'il y a un tel changement du point de détachement. Un tel changement est souvent dû à des changements des coefficients de couplage mécanique, comme des bulles d'air qui entrent dans la chambre d'écoulement et des bouchons partiels de l'orifice de sortie du courant en jet. Les
25 sensibilités optiques, comme la présence de lumière non souhaitée, rendent impossible l'utilisation d'une source de balayage d'éclairement pour observer le point de détachement du courant en jet tandis que le système prend des données ou trie les cellules. C'est à ce moment du
30 triage qu'un moniteur est le plus nécessaire.

La présente invention a pour objet de détecter, dans un système de production de gouttelettes, un changement de l'amplitude des ondulations en un point fixe à la surface d'un courant en jet de suspension liquide avant
35 le point de détachement de la gouttelette, et d'indiquer qu'un tel changement s'est produit.

La présente invention a pour autre objet

l'inhibition automatique de la fonction de triage dans un analyseur de particules et système de triage lorsqu'il y a un changement important du point de détachement de la gouttelette.

5 La présente invention a pour autre objet l'utilisation de l'information dérivée d'un changement de l'amplitude de l'ondulation en un point fixe à la surface d'un courant en jet pour restaurer le niveau de l'amplitude de l'ondulation à ce point fixe, à son état d'origine.

10 D'autres objets deviendront mieux apparents à la lecture de la description détaillée qui suit.

Le courant en jet liquide contenant les particules minuscules en suspension est entraîné à la fréquence à laquelle on souhaite produire les gouttelettes, normalement
15 20 à 40 kC selon le diamètre de l'orifice de sortie du jet; par exemple, une fréquence de 32 kC pour un diamètre de l'orifice de sortie du jet de 76 μ et une fréquence de 40 kC pour un diamètre de l'orifice de sortie du jet de 50-60 μ . On fait vibrer le jet en introduisant une petite
20 perturbation, par exemple par un cristal piézo-électrique entraîné, à l'orifice de sortie du courant du jet. Cette perturbation a la forme d'une ondulation ou d'une onde stable à la surface du courant du jet et cette ondulation croît tandis que le jet avance et force le détachement des
25 gouttelettes en aval. L'amplitude de la perturbation ou de l'ondulation en tout point le long du courant du jet est fonction de la distance entre ce point et le point de détachement de la gouttelette et cet aspect est décrit dans le rapport de Richard G. Sweet, SEL-64-004, Mars 1964,
30 de Stanford Laboratories à l'Université de Stanford. Selon l'invention, l'amplitude de l'ondulation en un point fixe est surveillée. Un changement de cette amplitude à ce point fixe indique un changement du point de détachement. Un faisceau laser, utilisé comme source d'éclairage dans
35 les systèmes de triage à cellule optique décrits dans les brevets US ci-dessus mentionnés, est utilisé sous forme d'une source concentrée de rayons lumineux dans le schéma

de surveillance selon l'invention. Le faisceau laser fait impact sur le courant du jet en un point fixe et ensuite le courant laser se disperse pour produire un motif de lumière en lobe qui est dans le même plan que le faisceau laser et qui est perpendiculaire au courant du jet. Comme on le sait bien, cette lumière dispersée du laser est modulée par les ondulations de surface du jet. Jusqu'à maintenant, cette modulation a été considérée comme étant un phénomène non souhaitable lorsque l'on mesure la dispersion de la lumière par la cellule et était généralement bloquée dans l'instrument. La présente invention détecte cette modulation en plaçant une photodiode dans le plan de la dispersion de la lumière du laser. La sortie de la photodiode est convertie en une tension qui peut être utilisée (1) pour alerter l'opérateur soit visuellement ou bien par voie audible qu'un changement s'est produit au point auquel le courant du jet se désagrège en gouttelettes, (2) pour contrôler automatiquement l'intensité des vibrations appliquées au jet pour restaurer l'amplitude de l'ondulation au point sur le jet auquel elle est surveillée, ou (3) pour inhiber automatiquement le dispositif. Tous les événements ci-dessus ou une combinaison de ceux-ci peuvent être utilisés dans la mise en pratique de l'invention.

Si on le souhaite, une source secondaire de rayons de lumière concentrée autre que le faisceau laser peut être utilisée pour faire impact ou bien pour interroger le courant en jet en un point assez proche du point de détachement de la gouttelette où les ondulations sont plus grandes et par conséquent où le signal qui en est obtenu est plus important. Dans ce cas, la photodiode sera judicieusement placée pour recevoir la lumière dispersée ou réfléchie du jet.

Une caractéristique de l'invention réside dans le circuit d'inhibition de triage qui comprend un détecteur de changement rapide répondant à une sortie redressée dont le niveau en courant continu est proportionnel au

pourcentage de modulation du faisceau des rayons de lumière concentrée (faisceau laser, par exemple) affecté par les ondulations à la surface du courant du jet. Ce détecteur commande un mécanisme de verrouillage d'attaque
5 de relais qui sert à inhiber la fonction de triage de l'analyseur de particules à chaque fois qu'il y a un changement important de l'amplitude de l'ondulation sur le courant du jet. Ce circuit est pourvu d'un dispositif de remise à zéro par l'opérateur et d'une alarme qui, si
10 on le souhaite, peut indiquer le type de changement en se basant sur la polarité de la sortie du détecteur de changement rapide.

Une autre caractéristique réside dans un système formant boucle de réglage automatique du gain (AGC) pour
15 faire varier l'intensité des vibrations appliquées par le cristal piézo-électrique au courant du jet, pour des changements lents de l'amplitude de la modulation. La sortie redressée ci-dessus sert de tension de commande de la boucle AGC. Ce système en boucle fait varier le courant
20 qui est appliqué pour attaquer le cristal piézo-électrique. Par suite, des corrections précises, pour les distinguer des corrections grossières, d'amplitude à la surface du courant du jet, peuvent être obtenues. Une commande d'inhibition à bras pour le système AGC permet l'établissement
25 initial du point de détachement de la gouttelette.

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description explicative qui va suivre faite en référence aux dessins
30 schématiques annexés donnés uniquement à titre d'exemple illustrant un mode de réalisation de l'invention et dans lesquels :

- la figure 1 donne un schéma-bloc de la façon dont les éléments électriques de l'invention sont couplés
35 à un analyseur de particules et trieur d'un type connu;
- la figure 2 montre le circuit électrique du détecteur de changement rapide, du mécanisme de verrouillage

d'attaque de relais et des circuits d'alarme du schéma de la figure 1;

5 - la figure 3 montre schématiquement le circuit électrique pour convertir le signal obtenu à la photodiode en un courant continu redressé qui est proportionnel à la modulation des rayons lumineux par les ondulations de surface du courant du jet; et

10 - les figures 4 à 8 illustrent en plus de détail le circuit électrique des blocs de la figure 3.

Sur toutes les figures des dessins, les mêmes pièces sont désignées par les mêmes chiffres de référence.

Le schéma-bloc de la figure 1 est subdivisé en deux parties par une ligne en pointillé 10. Les composants du système à la gauche de la ligne en pointillé sont ceux qui existent normalement dans un système analyseur et 15 trieur de particules d'un type connu quelquefois appelé système de triage cytométrique à écoulement. Un tel système connu de triage peut être trouvé dans les séries TPS et EPICS d'instruments fabriqués et vendus par Coulter 20 Electronics, Inc. à Hialeah, Floride 33010, Etats Unis d'Amérique. Seuls les composants de l'analyseur et du trieur de particules qui sont nécessaires pour expliquer le fonctionnement de la présente invention ont été illustrés. Les composants du système à la droite de la ligne en 25 pointillé 10 comprennent les parties de la présente invention qui ont été ajoutées et couplées à l'analyseur et trieur de particules connu pour atteindre les objectifs de l'invention. Il faut noter que la caractéristique de réglage automatique du gain (AGC) et la caractéristique 30 d'inhibition comprenant un mécanisme de verrouillage d'attaque de relais selon l'invention sont insérées en deux emplacements dans les trajets normaux de signaux des systèmes d'analyse et de triage de particules comme cela deviendra mieux apparent ci-après.

35 Le système connu d'analyse et de triage de particules montré à la gauche de la ligne en pointillé 10 sera maintenant rapidement décrit. Il comprend une chambre

d'écoulement 12 dans laquelle une solution saline (normalement 0,896 bar) est introduite sous pression et sort par un petit orifice 14 (diamètre compris entre 50 μ et 200 μ , selon l'application du système) pour former un courant d'un jet liquide 16. L'échantillon (une suspension de particules minuscules comme des cellules du sang ou des cellules biologiques) est introduit dans la chambre d'écoulement 12 par un tube 18. En dessous de l'orifice de sortie 14 et au-dessus et avant le point de détachement, le courant du jet 16 est interrogé par une source de lumière ou un moyen de rayonnement 20 (normalement un faisceau laser) et la réponse de la particule minuscule dans l'échantillon à l'éclairement (normalement dispersion de lumière et fluorescence) est détectée par le système capteur 22 également en un point avant et au-dessus du point de détachement.

La chambre d'écoulement 12 est montée sur un assemblage à cristal piézo-électrique 24 et y est supportée, lequel fait vibrer la chambre 12 à une haute fréquence. La fréquence exacte à laquelle la chambre 12 vibre dépend du diamètre choisi de l'orifice de sortie 14, laquelle fréquence est normalement de 20-40 kC. Ces vibrations impartissent de petites perturbations, normalement des ondulations, à la surface du jet 16, qui croissent, du fait des effets de tension de surface bien connus, et éventuellement pincement le jet en un point de détachement 26 en gouttelettes bien définies 28. La distance exacte de la tubulure contenant l'orifice 14 au point de détachement 26 est inversement proportionnelle à l'amplitude de la perturbation ou ondulation initiale. La dimension de la perturbation est proportionnelle à la grandeur de la tension du signal appliqué au cristal 24, si les coefficients de couplage mécanique du système sont constants. Malheureusement, il y a plusieurs facteurs pouvant provoquer des changements des coefficients de couplage mécanique et ces facteurs sont difficiles à éliminer. Ce sont les bulles d'air qui entrent dans la chambre d'écoulement 12 avec

l'échantillon ou avec la solution saline et des bouchons partiels de l'orifice de sortie 14 du fait de débris, comme des cellules rompues ou de la graisse.

Le cristal piézo-électrique est entraîné par un amplificateur de puissance 30 qui dérive normalement son signal d'un générateur de fréquence 32 par un potentiomètre variable 34 que l'on utilise pour faire varier l'amplitude du signal appliqué au cristal 24 et faire ainsi varier le point nominal de détachement 26. Le potentiomètre 34 sert de source de correction grossière à l'attaque de l'amplificateur 30 qui entraîne le cristal 24. La ligne 36 désigne le trajet normal du potentiomètre 34 à l'amplificateur en l'absence des composants de la présente invention. Dans le système selon l'invention est incorporé un commutateur 59 qui n'est pas présent dans les systèmes selon l'art antérieur dans un but qui sera décrit ci-après.

Au capteur 22 est connecté le circuit logique de décision de triage 38 où les signaux obtenus des détecteurs (non représentés mais faisant partie du système capteur 22) sont appliqués à un groupe de critères pour décider s'il est souhaitable ou non de capturer la particule à l'origine de ces signaux. Si la capture est souhaitée, cette décision doit être retardée, par exemple par le retard de triage 40 tandis que la particule se déplace du point de détection au point de détachement. Une impulsion de triage est alors formée par le circuit 41 formeur d'impulsions de triage et est amplifiée et appliquée, par l'amplificateur 43 au courant du jet sous forme d'une tension juste au moment où les gouttelettes devant contenir la particule souhaitée se séparent du jet. Du fait de cette tension imprimée, les gouttelettes se séparent avec une charge nette. Le jet de gouttelettes passe à travers un champ électrique intense constant qui accélère les gouttelettes chargées dans un plan horizontal tandis qu'elles descendent. Ainsi, les gouttelettes chargées se déplacent suivant un trajet différent du trajet des gouttelettes non chargées et tombent dans des récipients différents de capture,

afin d'effectuer ainsi un triage physique des particules. Un taux typique de triage pour ce processus est de 4.000 particules par seconde. On peut se référer au brevet US N° 3 380 584 où est révélée une façon pour imprimer une tension sur une partie du courant du jet en aval contenant des particules à charger pour une récupération subséquente et à un article de Hulett , Bonner , Sweet et Hertzberg, CLINICAL CHEMISTRY, volume 19, N° 8, 1973, où est révélée l'impression d'une tension sur une partie du courant du jet en amont , dans le même but.

Le système ci-dessus est connu et aucune revendication n'est faite ici concernant ce procédé selon l'art antérieur d'analyse et de triage de particules minuscules. Un tel dispositif est révélé dans les brevets ci-dessus mentionnés et les références qui y sont citées.

Dans la présente invention, on utilise la relation entre l'amplitude de l'ondulation à la surface du courant en jet en tout point fixe et la position du point de détachement de la gouttelette pour déterminer s'il y a un changement du point de détachement de la gouttelette. Comme on l'a indiqué précédemment, l'amplitude des ondulations augmente tandis que le point de détachement s'approche. Une augmentation de l'amplitude de l'ondulation en tout point donné le long du jet est une indication que le point de détachement est plus proche tandis qu'une diminution de l'amplitude est une indication que le point de détachement est plus éloigné. Le dispositif selon l'invention surveille la position du point de détachement pour obtenir l'un des trois résultats qui suivent :

(1) pour donner une indication , soit visuellement, par exemple au moyen d'un appareil de mesure, ou par voie audible, au moyen d'une alarme, d'un changement du point de détachement, (2) pour inhiber le processus de triage et faire résonner une alarme s'il y a un changement rapide du point de détachement, ou (3) pour restaurer automatiquement et rapidement le point de détachement, par exemple au moyen d'une boucle de réglage automatique du gain, pour

des changements faibles et lents du point de détachement.

Les composantes du système à la droite de la ligne en pointillé 10 dans le schéma-bloc de la figure 1 forment des parties de la présente invention qui sont
5 reliées à l'analyseur et trieur connu de particules apparaissant à la gauche de la ligne 10 en pointillé, et comprennent une photodiode ou moyen de détection 44 qui détecte la lumière dispersée par le courant en jet 16 par suite de l'impact par le faisceau concentré de lumière
10 intense 20. Cette lumière dispersée a deux composantes : une composante en courant continu qui est proportionnelle à la dimension du courant du jet 16 au point de détection 21, le point sur le courant 16 où le faisceau de lumière fait impact, et la puissance du faisceau de lumière intense
15 20 (le laser). La diode 44 fonctionne en mode courant, c'est-à-dire qu'elle est terminée à basse impédance, produisant ainsi une relation linéaire de la puissance optique au courant et réduisant les effets de la capacité de la diode pour une largeur de bande électronique maximum.
20 La photodiode 44 est couplée à un amplificateur opérationnel 46 qui fonctionne comme un amplificateur à trans-impédance. L'amplificateur 46 convertit linéairement le courant de la diode 44 en une tension. La sortie de l'amplificateur 46 se répartit en un trajet en courant
25 alternatif comprenant l'amplificateur de courant alternatif 48 et un trajet en courant continu comprenant l'amplificateur de courant continu 50.

Le trajet courant alternatif contient l'information de base à utiliser dans la mise en pratique
30 de l'invention, c'est-à-dire l'amplitude des ondulations sur le courant du jet. Comme l'amplitude des signaux d'ondulation produits au détecteur 44 à photodiode est faible, le signal reçoit un gain considérable par l'amplificateur de courant alternatif 48, de l'ordre de 10^3 .
35 Afin d'améliorer le rapport du signal au bruit dans ce trajet en courant alternatif, la largeur de bande des amplificateurs de courant alternatif est limitée à la

plage des fréquences d'oscillation appliquées au cristal piézo-électrique 24.

5 Comme la dimension du jet 16 est maintenue constante pendant un essai des particules de l'échantillon et change rarement, la composante en courant continu est proportionnelle à la dimension du jet 16 et à la puissance du laser 20, donc un changement du niveau en courant continu dans le trajet contenant l'amplificateur de courant continu 50 peut être considéré comme étant un
10 changement de la puissance du laser. Le signal à travers le trajet en courant continu contrôle le gain d'un amplificateur 52 à gain réglé en tension à la sortie du trajet en courant alternatif, permettant ainsi au signal dans le trajet en courant alternatif d'être normalisé en ce qui
15 concerne la puissance du laser, par suite de quoi un recalibrage du dispositif est éliminé à chaque fois que la puissance du laser 20 change. En d'autres termes, le trajet en courant continu supprime l'effet d'un changement de la puissance du laser sur la mesure de la distance du
20 point de détection 21 au point de détachement 26.

Le signal en courant alternatif de l'amplificateur réglé en tension 52 est redressé par le redresseur 54 (de préférence un redresseur double alternance pour obtenir à sa sortie un signal en courant continu plus lisse) afin
25 de produire un signal en courant continu au conducteur 56 qui est proportionnel à l'amplitude des ondulations sur le courant 16 et proportionnel à la distance entre le point de détection 21 et le point de détachement 26. Les détails d'un redresseur double alternance approprié que
30 l'on peut utiliser sont représentés sur la figure 8.

La présente invention révèle trois façons d'utiliser la tension continue au conducteur 56. La plus simple consiste à attaquer un appareil de mesure de modulation de pourcentage 56 qui donne une indication
35 visuelle concernant la position du point de détachement 26 de la gouttelette sur le courant en jet 16. Bien calibré, un tel appareil de mesure 58 peut être utilisé pour

établir le point de détachement 26 en ajustant à la main le potentiomètre 34 et en utilisant le trajet normal 36 dans le dispositif analyseur et trieur connu pour by-passer le système de réglage automatique du gain décrit ici.

5 L'appareil de mesure 58 est connecté de façon à pouvoir fonctionner en tout moment.

La tension redressée au conducteur 56 (la sortie du redresseur 54) peut également être établie comme une tension de réglage dans une boucle de réglage automatique du gain (AGC) qui produira des corrections précises, pour 10 les distinguer de corrections grossières, de l'amplificateur de puissance ou d'attaque de tension 30 alimentant le transducteur à cristal piézo-électrique 24 par le trajet 60, et par conséquent des corrections précises du 15 glissement du point de détachement 26 en supposant bien entendu que le contrôle du trajet normal 36 est transféré par un moyen de commutation 59 quand la caractéristique de réglage automatique du gain de l'invention est utilisée. Cette boucle de réglage automatique du gain 20 comprend un système amplificateur AGC 64 qui est alimenté par la tension au conducteur 56 au moyen du conducteur 66, et dont la conception est semblable à celle du circuit de l'amplificateur à gain réglé en tension 52 que l'on peut voir sur la figure 7. Un interrupteur bipolaire 25 approprié 59 est connecté entre les conducteurs 36 et 37. L'interrupteur 59 sert à efficacement désactiver la boucle de réglage automatique du gain du système lorsque l'on souhaite préparer initialement l'analyseur et trieur pour un retard spécifique des gouttelettes. Quand le 30 retard approprié a été établi, le système de réglage automatique du gain 64 est armé ou activé pour maintenir le point souhaité de détachement. Avant activation du système de réglage automatique du gain, la borne de sortie de tension V_0 (conducteur 37) est ajustée à la même 35 amplitude que celle sur le trajet normal 36 au moyen du potentiomètre 67 comme cela est indiqué par l'appareil de détection du zéro 68, ensuite l'interrupteur 59 peut être

basculé pour transférer la commande de l'amplificateur de puissance 30 au système de réglage automatique du gain.

Une autre façon de surveiller le point de détachement 26 sur le jet 16 consiste à utiliser un système comprenant un détecteur de changement rapide 70 auquel est appliquée la tension redressée au conducteur 56. La sortie 80 du détecteur de changement rapide 70 est zéro si un signal en courant continu est appliqué (ce qui est le cas quand le point de détachement 26 est constant) et change de zéro si un changement "rapide" du point de détachement des gouttelettes est rencontré. La polarité du changement à la sortie 80 du détecteur de changement rapide 70 indique si le niveau du signal redressé à la sortie du redresseur 54 a augmenté ou diminué. La sortie du détecteur 70 peut attaquer un circuit d'alarme 72 pour alerter l'opérateur d'un changement dans le point de détachement . Cette même sortie peut également attaquer un système à relais composé d'un mécanisme de verrouillage d'attaque 76 qui, à son tour, sert à inhiber automatiquement le système de triage, par des conducteurs 78 dans l'analyseur et trieur de particules. Une remise à zéro 74 par l'opérateur sert à remettre manuellement à zéro le mécanisme de verrouillage d'attaque 76. L'alarme 72 peut être donnée pour indiquer le type de changement du point de détachement en se basant sur la polarité de la sortie du détecteur 70.

La figure 2 illustre schématiquement une forme que le circuit électrique du détecteur de changement rapide peut prendre, comprenant le mécanisme d'entraînement du relais et la remise à zéro par l'opérateur et l'alarme. La figure 2 montre à la fois l'alarme audible 72 et une alarme visuelle 71. Le changement du signal au conducteur 56 est couplé à l'amplificateur 70 par le condensateur C_1 . Ce signal en courant alternatif est amplifié et appliqué au conducteur 80. Si le signal au conducteur 56 est un courant continu et constant, le conducteur 80 est presque au potentiel nul. Le conducteur 80 est connecté à deux

comparateurs 77 et 79 qui sont configurés pour détecter les variations du signal au conducteur 80 de chaque polarité en s'écartant d'un potentiel nul. Une légère bande de garde est utilisée pour permettre un décalage de l'amplificateur. Quand le signal au conducteur 80 change, le comparateur approprié détecte le changement et commute. La commutation est détectée et verrouillée par le verrouillage 81. La sortie \bar{Q} du verrouillage 81 commute, inhibant des portes NON-ET 78, interrompant ainsi les signaux de triage. La commutation du verrouillage active également à la fois une alarme visuelle 71 et une alarme audible 72. Les valeurs du condensateur C_1 et de la résistance R_1 sont choisies pour la vitesse du changement tandis que R_1 et R_2 sont choisies pour la sensibilité au changement.

La figure 4 illustre le circuit du pré-amplificateur à transimpédance 46 des figures 2 et 3. La figure 5 illustre le circuit de l'amplificateur de courant alternatif 48 des figures 2 et 3. La figure 6 illustre le circuit de l'amplificateur de courant continu 50 des figures 2 et 3. La figure 7 illustre le circuit de l'amplificateur à gain réglé en tension 52 des figures 2 et 3. La figure 8 illustre le circuit du redresseur double alternance 58 des figures 2 et 3.

Les valeurs des composants ainsi que les parties des composants illustrés sur les figures 2 à 8 sont simplement données à titre d'exemple et peuvent être remplacées par des pièces et circuits équivalents pour atteindre les résultats souhaités.

Des modifications peuvent être apportées au système selon l'invention sans s'écarter de son cadre et de son esprit. Par exemple, comme le trajet 48 de courant alternatif contient l'information de base constituant l'amplitude des ondulations sur le courant du jet, le trajet 50 en courant continu ne doit pas être utilisé dans une forme simplifiée d'un mode de réalisation de l'invention.

R E V E N D I C A T I O N S

=====

5 1. Procédé à utiliser dans un système de production de gouttelettes où un courant d'un jet liquide est produit et des vibrations lui sont appliquées afin de produire des ondulations à la surface dudit courant et une désintégration subséquente dudit courant en gouttelettes à un point de détachement qui sont recueillies en aval, et où on détecte l'amplitude de l'ondulation à la surface d'une partie ininterrompue dudit courant en jet en un point sur ledit courant avant le point de détachement, caractérisé par

10 l'étape de contrôler la position du point de détachement en fonction de ou proportionnellement à, l'amplitude de l'ondulation audit point de détection.

15 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la détection précitée est réalisée avant la région ou le point de détachement.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que la détection précitée est sensible au rayonnement dispersé par le courant précité.

20 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les vibrations précitées sont contrôlées en fonction de, ou proportionnellement à, l'amplitude des ondulations audit point.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit point est fixe.

25 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la détection précitée est réalisée lors d'une méthode d'analyse et/ou de triage.

30 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que l'étape précitée de contrôler les vibrations inclut le contrôle automatique de l'intensité des vibrations appliquées audit courant en réponse à un changement de l'amplitude de l'ondulation au point précité dans une direction telle que cela restaure l'amplitude de l'ondulation audit point à son état d'origine, pour

empêcher ainsi un glissement du point de détachement précité.

5 8. Dispositif pour analyser et trier des particules en suspension dans un liquide, ledit dispositif comprenant un premier moyen (12, 14) pour produire un courant en jet (16) à partir dudit liquide de suspension, un moyen vibratoire (24) pour faire vibrer ledit courant (16) afin de produire des ondulations à la surface dudit courant et une désintégration subséquente dudit courant en
10 gouttelettes (28) à un point de détachement (26), pour les recueillir en aval, un second moyen (24) pour contrôler la position du point de détachement (26), un moyen de rayonnement (20) pour forcer un faisceau de rayonnement (20) sur un emplacement (21) dudit courant (16), un moyen
15 de détection (44) sensible ou répondant au rayonnement (20) du moyen de rayonnement (20) faisant impact sur le courant (16), caractérisé en ce qu'il comprend un moyen de contrôle du point de détachement (46, 48, 50, 52, 54, 56, 64) pour maintenir la position du point de détachement
20 (26) constante, ledit moyen de contrôle du point de détachement ayant une entrée (66) et une sortie (67), ladite entrée (66) étant couplée au moyen de détection (44), ladite sortie (34) étant couplée audit second moyen (24), ledit moyen de contrôle du point de détachement
25 fournissant en outre une sortie audit second moyen qui est fonction de, ou proportionnelle à, l'amplitude de l'ondulation audit emplacement (21) du courant (16) en jet.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que le rayonnement (20) fait impact sur le courant
30 (16) en un emplacement (21) du courant en jet avant la région ou le point de détachement.

10. Dispositif selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce que le moyen de contrôle du point de détachement (46, 48, 50, 52, 54, 56, 64) inclut un terminal
35 de contrôle, ledit dispositif inclut en outre un moyen de référence (32) pour fournir un signal de référence ayant une amplitude qui est fonction de, ou proportionnelle à,

la position (26) nominale du point de détachement dudit courant (16).

5 11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, caractérisé en ce que le moyen de détection (44) est sensible au rayonnement (20) dispersé par le courant (16) précité.

12. Appareil selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, caractérisé en ce que le second moyen (24) inclut un moyen vibratoire (24).

10 13. Appareil selon l'une quelconque des revendications 8 à 12, caractérisé en ce que la suspension de liquide précitée est non opaque.

15 14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 8 à 13, caractérisé en ce que le rayonnement (20) fait impact sur le courant (16) précité en un emplacement (21) fixe sur ledit courant.

20 15. Appareil selon l'une quelconque des revendications 8 à 14, caractérisé en ce que le moyen de contrôle de détachement précité inclut un circuit de contrôle ou de réglage automatique du gain (64) ayant une entrée couplée à la sortie du moyen de détection (44) et ayant une sortie couplée au moyen vibratoire (24) pour modifier l'intensité des vibrations appliquées audit courant (16) en réponse à un changement du niveau de l'amplitude de l'ondulation
25 à l'emplacement (21) dudit courant dans une direction telle que cela restaure l'amplitude de l'ondulation audit emplacement (21) dudit courant à son état d'origine pour corriger ainsi un changement du point de détachement (26) dudit courant.

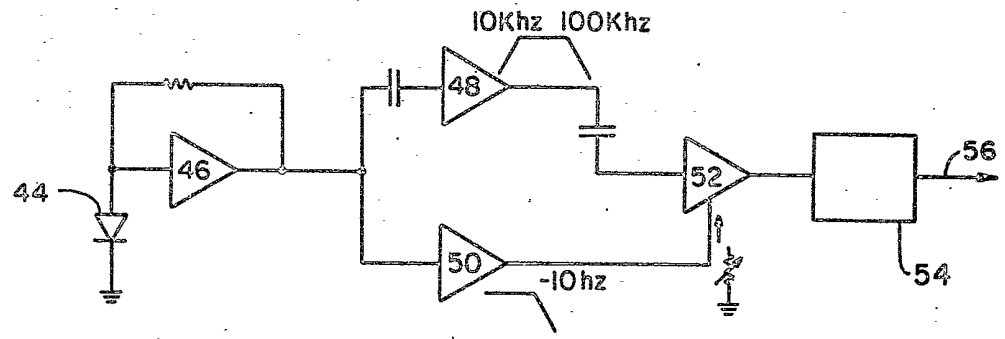


FIG.3

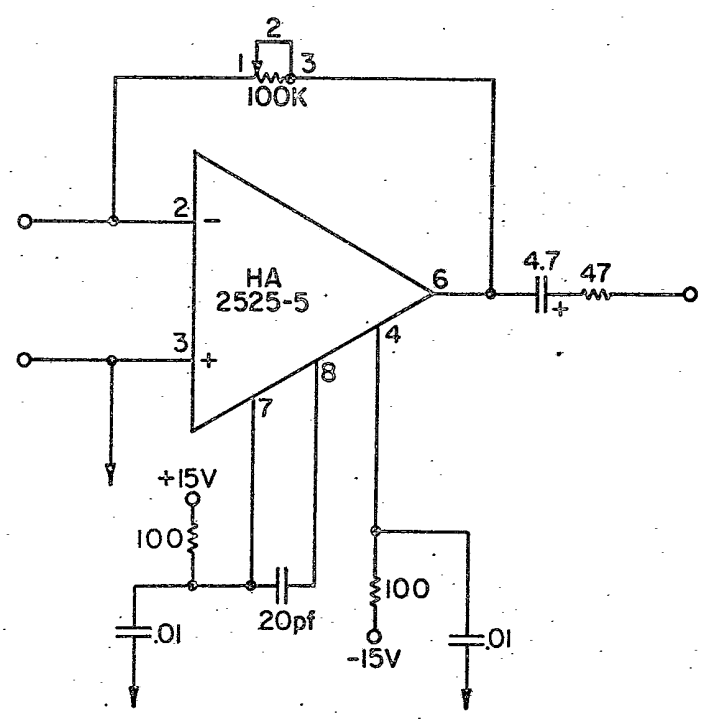


FIG.4

H16

2542110

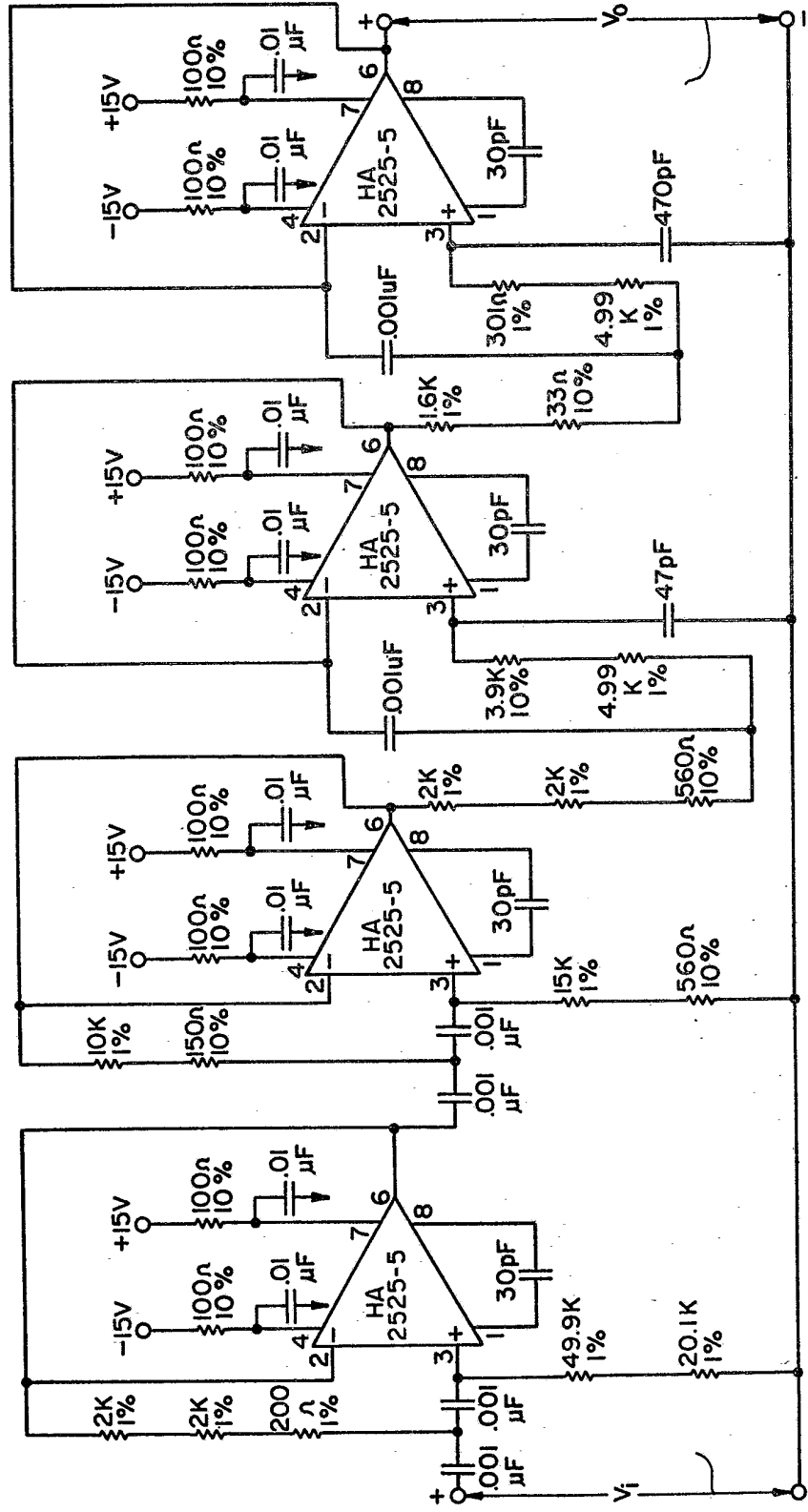


FIG.5

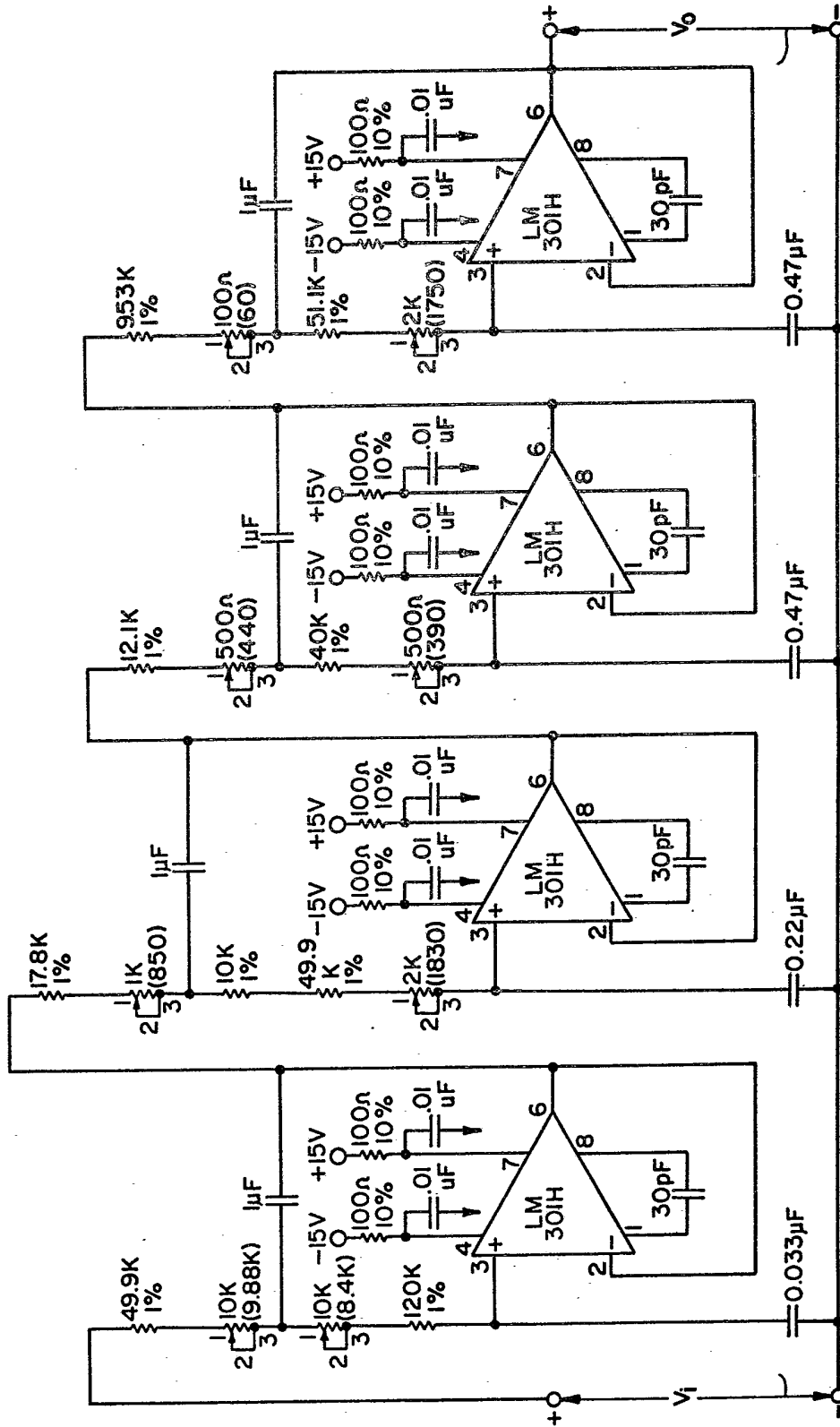


FIG.6

