



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

51 Int. Cl.³: G 01 N 21/17

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein



⑫ FASCICULE DU BREVET A5

⑪

637 766

⑪ Numéro de la demande: 6639/78

⑫ Date de dépôt: 19.06.1978

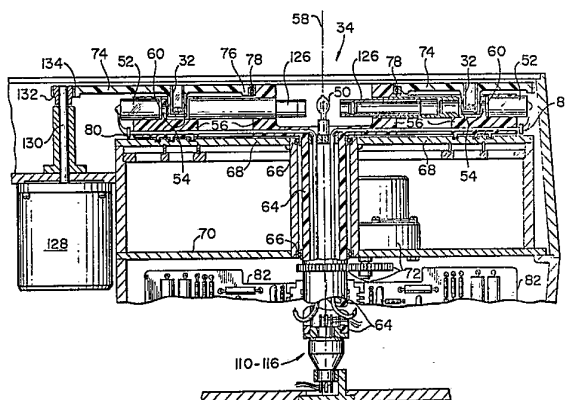
⑬ Priorité(s): 20.06.1977 US 808166
28.10.1977 US 846337

⑭ Brevet délivré le: 15.08.1983

⑮ Fascicule du brevet
publié le: 15.08.1983⑯ Titulaire(s):
Coulter Electronics, Ltd., Luton/Beds (GB)⑰ Inventeur(s):
Guenter Ginsberg, Miami/FL (US)
Thomas Horne, Harpenden/Herts (GB)
Robert Lee Kreiselman, Miami/FL (US)⑱ Mandataire:
Jean S. Robert, Landecy-Genève

⑤④ Procédé pour contrôler des réactions chimiques se produisant dans des échantillons de liquides et appareil pour la mise en oeuvre de ce procédé.

⑤⑦ Des parties d'une pluralité d'échantillons différents sont engagées automatiquement dans une rangée de cuvettes (32) qui avancent soit de façon continue soit, de préférence, par intermittence sur une trajectoire circulaire. Des moyens photométriques comportant de préférence plusieurs détecteurs photométriques (52) sont montés dans une orientation fixe sur un support rotatif commun (58) qui avance rapidement par rapport à la vitesse du mouvement des cuvettes (32) le long d'une trajectoire circulaire concentrique à la première de telle manière que la radiation passant par chacune des cuvettes (32) soit contrôlée plusieurs fois par un détecteur photométrique spécifique (52) au moment où cette cuvette (32) achève un circuit sur sa trajectoire. Les détecteurs photométriques (52) peuvent fonctionner à plusieurs longueurs d'ondes différentes. Plusieurs réactions chimiques différentes peuvent être contrôlées en même temps. Les signaux des détecteurs (52) sont convertis en signaux digitaux proportionnels à l'absorbance et transmis à partir d'un ensemble mobile à un récepteur stationnaire (116), par exemple sous forme de trains pulsés de signaux lumineux ou au moyen de bagues frottantes.



REVENDECATIONS

1. Procédé pour contrôler des réactions chimiques se produisant dans des échantillons de liquides contenus dans une pluralité de supports d'échantillons, utilisant un photomètre produisant un faisceau d'énergie radiante agencé de façon à traverser tous les supports d'échantillons pour produire des signaux électriques respectifs se rapportant aux conditions chimiques des produits se trouvant, le cas échéant, dans les supports d'échantillons respectifs et des moyens pour produire des données répondant auxdits signaux, procédé selon lequel on utilise un détecteur photométrique constituant une partie dudit photomètre pour produire les signaux électriques et provoque un mouvement à la fois des supports d'échantillons et du photomètre les uns par rapport aux autres et également par rapport à un point de référence, caractérisé par le fait qu'on déplace le photomètre de telle manière que la trajectoire de son faisceau trace une première trajectoire répétitive pendant ledit mouvement, déplace les supports d'échantillons de telle manière qu'ils tracent une seconde trajectoire répétitive pendant leur mouvement, établit une rotation entre les première et seconde trajectoires répétitives de telle manière qu'elles soient géométriquement en rapport l'une avec l'autre de sorte qu'une partie significative de chacune d'elles coïncide, ledit mouvement du photomètre à travers la partie significative produisant une observation des supports d'échantillons qui sont simultanément logés à cet endroit et amenant le détecteur photométrique à produire des signaux électriques analogiques qui soient en rapport avec la réaction chimique à contrôler, par le fait qu'on détermine la vitesse du mouvement du photomètre par rapport à ladite partie significative de telle façon qu'elle soit sensiblement supérieure à celle des supports d'échantillons par rapport à ladite partie significative d'une valeur telle qu'en déplaçant chaque support d'échantillon dans ladite partie coïncidente on produit son observation au moins une fois lors de la trajectoire du faisceau, et par le fait qu'on convertit lesdits signaux analogiques en signaux digitaux et couple lesdits signaux digitaux desdits moyens de détection mobiles auxdits moyens producteurs desdites données.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'on produit le mouvement du photomètre autour d'un axe, arrange les trajectoires du mouvement de telle manière que, pendant la période d'intersection, la position de chaque support d'échantillon le long de la longueur du faisceau est sensiblement la même et dirige le faisceau de façon qu'il coïncide avec un rayon dudit axe.

3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait qu'on déplace le photomètre de façon continue et impartit un mouvement pas à pas à l'ensemble des supports d'échantillons.

4. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait qu'on utilise les signaux électriques analogiques pour produire une sortie digitale proportionnelle à la transmittance des contenus dans chaque support d'échantillon observé, transmet ladite sortie digitale des moyens photométriques mobiles par un moyen de transmission, déplace ledit moyen de transmission en même temps que les moyens photométriques et dirige la sortie digitale transmise à des moyens récepteurs stationnaires.

5. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait qu'on alimente progressivement les supports d'échantillons propres au moyen d'aliquotes et de réactifs à partir d'une pluralité d'échantillons et de sources de réactifs, cette alimentation étant effectuée selon une progression telle que le contrôle puisse être effectué en continu.

6. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait qu'on divise ledit faisceau d'énergie radiante en deux parties, dirige lesdites parties dans différentes couches des supports d'échantillons et produit des signaux analogiques à partir de chacun desdits faisceaux.

7. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait qu'on forme une pluralité de faisceaux d'énergie radiante, fait passer chacun de ces faisceaux dans lesdits supports

d'échantillons et produit des signaux analogiques distincts à partir de chaque faisceau pour chaque support.

8. Procédé suivant la revendication 7, caractérisé par le fait qu'on produit des signaux analogiques répondant aux différentes longueurs d'onde de l'énergie radiante reçue d'au moins deux desdits faisceaux.

9. Appareil pour la mise en œuvre du procédé suivant la revendication 1, pour contrôler des réactions chimiques se produisant dans des échantillons de liquides contenus dans une pluralité de supports d'échantillons, comprenant un bâti de support, un porte-supports d'échantillons disposé dans un premier plan et ayant une pluralité de supports d'échantillons disposés sur lui circulairement autour d'un axe central normal audit plan, le porte-supports d'échantillons étant monté sur le bâti de support, un rotor disposé parallèlement au porte-supports d'échantillons et monté de façon à pouvoir tourner autour dudit axe, un photomètre fixé audit rotor et comportant une source d'énergie radiante, un élément photosensible aligné avec la source d'énergie radiante et agencé de façon à recevoir un faisceau d'énergie radiante provenant de ladite source, cette dernière et l'élément photosensible étant agencés de telle manière que le faisceau soit situé sur un rayon du rotor, un des éléments — élément photosensible et source — étant situé à l'intérieur du cercle et l'autre élément — source et élément photosensible — étant situé à l'extérieur dudit cercle, la rotation du rotor amenant le faisceau à décrire une trajectoire en forme de disque annulaire, la relation verticale entre la rangée des supports d'échantillons et ladite trajectoire étant telle qu'elle amène ledit disque à couper et à observer les supports d'échantillons à un niveau où les substances d'échantillons portées par lesdits supports seront traversées par le faisceau, des moyens pour entraîner le rotor en mouvement rotatif et amener le faisceau à couper tous les supports d'échantillons successivement, au moins une fois par tour de rotation du rotor si ce dernier est entraîné sur plus d'un tour par rapport à ladite rangée et un nombre de fois proportionnellement inférieur si le rotor est tourné moins d'un tour par rapport à ladite rangée, l'élément photosensible répondant audit faisceau pour produire un signal analogique par rapport à l'effet optique produit par ledit support d'échantillon et l'échantillon qu'il contient, s'il en contient, des moyens pour produire des valeurs à partir dudit effet optique, ces moyens producteurs de valeurs, associés avec le bâti de support, n'étant pas rotatifs et répondant aux informations digitales, et un convertisseur analogique digital porté par ledit rotor et relié audit élément photosensible pour convertir les signaux analogiques produits par ledit élément photosensible en informations digitales, et des moyens d'accouplement comportant une partie fixe portés par ledit bâti de support et une partie rotative fixée audit moteur, la partie rotative étant reliée au convertisseur pour recevoir sa sortie et la partie fixe étant reliée auxdits moyens producteurs de valeurs.

10. Appareil suivant la revendication 9, caractérisé par le fait que les moyens d'accouplement comprennent un dispositif à bague frottante logé sur ledit axe.

11. Appareil suivant la revendication 9, caractérisé par le fait que le porte-supports d'échantillons est également monté de façon à pouvoir tourner sur ledit axe, des moyens d'entraînement entraînant ledit porte-supports plus lentement que le rotor.

12. Appareil suivant la revendication 9, caractérisé par le fait que la rotation de la table tournante est unidirectionnelle, la rotation du rotor étant également unidirectionnelle, les deux directions étant les mêmes.

13. Appareil suivant la revendication 9, caractérisé par le fait que la rotation de la table tournante est unidirectionnelle et la rotation du rotor est multidirectionnelle à différentes périodes de temps.

14. Appareil suivant l'une des revendications 9 à 11, caractérisé par le fait que le faisceau est disposé radialement par rapport audit axe et coupe en tout temps ladite trajectoire annulaire décrite par lesdits supports d'échantillons.

15. Appareil suivant la revendication 9, caractérisé par le fait que lesdits premiers moyens d'entraînement font tourner la table

tournante pas à pas pour produire des périodes de déplacement et des périodes d'arrêt pour chaque support d'échantillon par rapport à un point fixe du support.

16. Appareil suivant la revendication 15, caractérisé par le fait que les périodes d'arrêt sont respectivement sensiblement plus longues que les périodes de déplacement et que des moyens permettent l'opération desdits moyens photométriques principalement pendant lesdites périodes d'arrêt, les moyens photométriques étant hors service principalement durant lesdites périodes de déplacement.

17. Appareil suivant l'une des revendications 12, 13 ou 15, caractérisé par le fait que les moyens photométriques comprennent une source d'énergie radiante et au moins un détecteur d'énergie radiante, le faisceau étant rectilinéaire à partir d'une source en direction du détecteur.

18. Appareil suivant l'une des revendications 12, 13 ou 15, caractérisé par le fait qu'il y a deux détecteurs d'énergie radiante et des moyens pour diviser le faisceau en deux parties et diriger ces parties sur des couches différentes des supports d'échantillons.

19. Appareil suivant l'une des revendications 12, 13 ou 15, caractérisé par le fait que la source d'énergie radiante comprend une seule source audit axe.

20. Appareil suivant l'une des revendications 12, 13 ou 15, caractérisé par le fait qu'il comprend au moins un poste de charge et au moins un poste de décharge sur le support comprenant des moyens agencés de façon à charger les échantillons dans les supports d'échantillons par couches pendant les périodes d'arrêt successives au cours desquelles la table traverse les postes de charge, et agencés de façon à décharger lesdits échantillons desdits supports par couches successives pendant les périodes d'arrêt successives lorsque la table tournante passe dans ledit poste de décharge.

21. Appareil suivant l'une des revendications 12, 13 ou 15, caractérisé par le fait que lesdits moyens photométriques comprennent une pluralité de photomètres montés sur ledit rotor et distants les uns des autres circonférentiellement, chaque photomètre étant agencé de façon à définir un faisceau d'énergie radiante disposé radialement par rapport à l'axe du rotor, tel que tous les faisceaux traversent ladite trajectoire annulaire et que les supports d'échantillons rencontrent tous les faisceaux au cours de la rotation du rotor, chaque photomètre comprenant des moyens indépendants répondant à son faisceau d'énergie radiante pour produire des signaux électriques lorsque les supports d'échantillons passent à travers le faisceau, les moyens produisant des données étant agencés pour produire des données concernant la capacité d'absorbance des échantillons, s'il y en a dans les supports, par rapport à toutes les trajectoires, et les moyens d'accouplement étant agencés pour envoyer tous les signaux électriques vers lesdits moyens producteurs de données.

22. Appareil suivant l'une des revendications 12, 13 ou 15, caractérisé par des moyens pour monter ladite table tournante sur ledit rotor à proximité dudit axe, de telle manière que ladite table tournante puisse être entraînée indépendamment de la rotation dudit rotor.

23. Appareil suivant l'une des revendications 9 à 11, caractérisé par le fait que lesdits moyens générateurs de données comprennent les éléments suivants, connectés en série: un multiplexeur digital ayant ses entrées reliées à la sortie de chaque convertisseur, des moyens pour présenter les valeurs digitales relatives à l'absorbance en un ordre en série, des moyens transmetteurs de données, lesdits moyens générateurs de données comprenant en outre les éléments suivants montés sur ledit support et branchés en série: un récepteur de données, des moyens de communication logique de série en parallèle et une unité maîtresse de commande.

24. Appareil suivant la revendication 9, caractérisé par une pluralité de photomètres ayant chacun des éléments photosensibles indépendants alignés avec ladite source d'énergie radiante pour former un faisceau individuel pour chaque photomètre.

25. Appareil suivant la revendication 9, caractérisé par une pluralité de photomètres ayant chacun des éléments photosensibles in-

dépendants alignés avec des sources d'énergie radiante indépendantes pour former des faisceaux individuels pour chaque photomètre.

26. Appareil suivant la revendication 24 ou 25, caractérisé par le fait que lesdits éléments photosensibles des photomètres sont au moins au nombre de deux qui répondent à l'énergie radiante incidente d'au moins deux longueurs d'onde différentes.

La présente invention se rapporte à un procédé et à un appareil pour contrôler de façon répétée l'absorption de radiations électromagnétiques par une pluralité de spécimens pendant une période de temps. Plus particulièrement, cette invention se rapporte à un appareil au moyen duquel chacun d'une pluralité d'échantillons produit une pluralité d'aliquotes qui peuvent être soumises à des réactions chimiques de réactifs différents. L'absorbance de chaque aliquote est mesurée de façon répétée pendant un temps de réaction prédéterminé. L'entrée des échantillons, l'obtention de leurs aliquotes, la sélection et l'adjonction des réactifs et la mesure de l'absorbance peuvent être effectuées en continu comme aussi par fournée. Le terme «aliquote» employé ici signifie une partie de l'échantillon.

Il est rappelé que l'absorbance est la capacité d'une couche de substance d'absorber une radiation, exprimée mathématiquement comme étant le logarithme ordinaire, à base 10, négatif de la transmittance.

L'appareil décrit ci-après conviendrait parfaitement pour la mesure des réactions cinétiques telles que nécessaires dans l'analyse des enzymes comme aussi pour la mesure des points terminaux. Beaucoup de réactions chimiques nécessitent d'être réalisées pendant un temps s'étendant de quelques secondes à plusieurs minutes et, pendant ce temps de réactions cinétiques, il est souvent important d'observer le progrès de la réaction en faisant des mesures plusieurs fois. Une forme de mesure consiste à constater l'absorbance de la radiation électromagnétique d'une longueur d'onde particulière par l'analyse. Habituellement, les mesures de réactions d'enzymes sont effectuées par les méthodes de traitement par fournée, les appareils utilisés à cet effet exigeant une quantité considérable de préparations et de manipulations par le technicien de laboratoire. La nature du processus ne peut pas aider mais résulte en une opération relativement longue.

La présente invention tend à réduire les limitations que les procédés connus impliquent tout en fournissant une précision de mesure améliorée, une plus grande versatilité de test spécialement pour contrôler les réactions cinétiques. Ce but est atteint grâce aux moyens définis dans les revendications 1 et 9. L'appareil est agencé de façon à travailler en continu, ses moyens photométriques comprenant, de préférence, une pluralité de détecteurs photométriques (mais qui peuvent ne comprendre qu'un seul photomètre) observant en continu une rangée de cuvettes qui est indexée à une vitesse inférieure autour d'une trajectoire de préférence circulaire. Le mot «indexé» veut dire ici aussi bien une avance pas à pas qu'une avance en un mouvement continu, lent et régulier.

Dans une forme d'exécution, les moyens photométriques comprennent une pluralité de sources de radiation et des détecteurs de radiation du type photosensible qui sont respectivement accouplés, chaque source étant alignée avec son détecteur associé dans une orientation fixe qui est maintenue pendant toute la rotation du rotor qui porte les moyens photométriques, l'axe d'alignement correspondant à un rayon du rotor et se trouvant également sur un rayon de la table porte-cuvettes qui est montée pour tourner coaxialement avec le rotor. L'axe d'alignement est tel qu'il coupe une rangée circulaire de cuvettes disposées circonférentiellement sur la table tournante, un espace libre étant réservé entre chaque source et son détecteur associé à travers lequel la rangée circulaire de cuvettes passe sans interférence mécanique.

Dans une autre forme d'exécution, les moyens photométriques comprennent une seule source rotative de radiation située au centre du rotor qui projette ses faisceaux de radiation sur une rangée de détecteurs disposés axialement à distance autour du rotor. Les moyens photométriques définissent des trains optiques radiaux comprenant une zone libre, ces trains observant circulairement des zones concentriques à la rangée de cuvettes portées par la table tournante autour de l'axe sur lequel la source de lumière unique est placée. Les cuvettes passent à travers la zone libre de chaque train; l'alignement de la source de lumière par rapport à son détecteur associé ne change jamais du fait que la source de lumière est fixe par rapport à tous les trains optiques. De ce fait, pendant une rotation du rotor et de ses détecteurs, il y a une pluralité d'observations de chaque cuvette qui se produit, plus spécifiquement chacun des photomètres observant toutes les cuvettes. Par exemple, s'il y a huit détecteurs photométriques, chaque cuvette est observée huit fois, ce qui fournit huit mesures de l'absorbance. Cela est vrai pour les deux formes d'exécution mentionnées, lorsqu'il y a une seule source de lumière ou une pluralité. La table tournante des cuvettes est normalement entraînée à une vitesse très lente, permettant aux aliquotes d'être chargées et déchargées en continu, c'est-à-dire à une vitesse d'une fraction de tour par minute. Le rotor portant les moyens photométriques est entraîné, d'autre part, à une vitesse relativement plus élevée, c'est-à-dire de l'ordre de 500 à 1000 tr/min. La quantité d'informations qui peuvent être collectées dans un temps très court est ainsi très importante. Si l'on tient compte que les détecteurs photométriques sont de préférence actionnés à des longueurs d'onde différentes, par exemple en utilisant des filtres différents dans leur train optique respectif, alors il apparaît clairement que la quantité des informations collectées n'est pas seulement volumineuse mais que ces informations sont réalisées de manières très différentes.

Le mouvement du rotor est continu alors que le mouvement de la table tournante est de préférence intermittent, c'est-à-dire indexé. L'appareil est programmé dans un tel cas par une circuiterie électronique convenable pour obtenir que les mesures de l'absorbance s'effectuent alors que les cuvettes ne sont pas en mouvement mais dans une période d'arrêt. Cela s'obtient plus facilement que de tenter d'avoir une table tournante se déplaçant en continu à faible vitesse et de programmer les photomètres de telle manière qu'ils effectuent leur observation pendant des périodes de temps très courtes alors que les cuvettes sont en alignement avec les trains de photomètres respectifs pendant leur rotation. La présente invention, cependant, comprendrait une construction de ce dernier type.

Lorsque les matériaux comprenant les échantillons à mesurer par l'appareil comportent des sources de radiation qui sont lumineuses, fluorescentes ou radioactives, la source de lumière n'est pas nécessaire. La source de lumière, dans ce cas, peut être coupée.

La quantité de radiation transmise par chaque spécimen ou aliquote se trouvant dans les cuvettes est détectée à chaque observation et est convertie en une valeur digitale proportionnelle à l'absorption au moyen d'un circuit électrique qui comprend un convertisseur A/D. Le convertisseur A/D de chaque photodétecteur est porté par le rotor lui-même adjacent au photodétecteur, afin d'économiser des connexions et rendre la transmission dudit rotor mobile à la partie fixe de l'appareil, relativement simple. La valeur digitale est transmise à partir du rotor du photomètre par des moyens convenables reliant la partie rotative avec la partie fixe de l'appareil. Dans une forme d'exécution, on trouve une diode émettrice de lumière et dans une autre des moyens à bague frottante. Les signaux sont transmis à un récepteur qui est fixe et, de là, à des moyens de stockage ou de traitement convenables. Par exemple, les signaux peuvent passer tout d'abord vers une console où ils reçoivent une information de route à partir d'une unité maîtresse de commande qui gouverne la programmation et le fonctionnement de tout l'appareil.

L'appareil est agencé de façon à produire une information sur le point terminal comme aussi une information sur les réactions cinétiques.

L'invention présente un grand avantage en ce sens que la relation entre la source de lumière et le photodétecteur dans chaque cas est géométriquement fixe, de telle manière qu'il n'y a pas de variation pendant la rotation du rotor. Comme la table tournante portant les cuvettes est montée sur le même axe, tout léger défaut d'excentricité qui peut exister du fait de la construction ou se produire pendant l'utilisation de l'appareil n'a pas d'effet pratique sur les mesures qui sont effectuées. Le dessin représente, à titre d'exemple, plusieurs formes d'exécution de l'objet de l'invention.

La fig. 1 est une vue en perspective quelque peu schématique d'une forme d'exécution d'un appareil complet.

La fig. 2 est une vue partiellement en perspective de la table porte-cuvettes et du rotor du photomètre illustrant une forme d'exécution de celui-ci, des parties étant représentées en coupe et d'autres étant arrachées.

La fig. 3 est une coupe médiane par les composants du générateur de données de l'appareil, donnant plus de détails sur la forme d'exécution de la fig. 2.

La fig. 4 est une vue similaire à celle de la fig. 3, mais qui donne en détail une seconde forme d'exécution du photomètre et une seconde forme d'exécution du dispositif de transmission des données.

La fig. 4a est une vue partielle d'une partie de la fig. 4, mais illustrant une variante utilisant un faisceau rompu, et

la fig. 5 est un schéma bloc tout d'abord des parties de l'appareil se rapportant à la production et à la transmission des données d'absorbance rendues digitales.

En se référant aux fig. 1 et 5 qui sont quelque peu schématiques, on voit que l'appareil peut être composé d'une console de commande 10 et d'une partie de traitement chimique 12. Les informations d'entrées concernant chaque échantillon et les différentes expériences chimiques qui doivent être exécutées sur les aliquotes de chaque échantillon spécifique peuvent être fournies au moyen d'un clavier 14 et/ou de cartes de données introduites dans un réceptacle 16 de moyens de réception de données 18. L'information d'entrée est alors appliquée à une unité maîtresse de commande 20 qui effectue différentes fonctions dont seulement une partie sera indiquée ci-après, mais dont les gens du métier apprécieront les possibilités plus étendues; une première fonction de l'unité maîtresse de commande 20 consiste à fournir l'information d'entrée à une unité de lecture 22 qui peut comporter un affichage visuel 24 et un imprimeur à ruban 26 au moyen duquel l'opérateur peut vérifier que l'information d'entrée est exacte.

L'unité maîtresse de commande 20 peut stocker une liste de commande relative à chacune des analyses chimiques que l'appareil est capable d'effectuer. Ainsi, lorsque l'information d'entrée associe un échantillon spécifique avec un ensemble d'analyses spécifiques, et en admettant que l'appareil a nécessité un diluant et des réactifs, tout ce qui reste à effectuer par l'opérateur humain est de placer l'échantillon dans l'un des porte-échantillons 28 approprié d'un disque d'échantillons 30. Ensuite, l'unité maîtresse de commande 20 peut commander le transfert des aliquotes d'échantillon dans des cuvettes 32 disposées en une rangée annulaire sur une table tournante qui fait partie de l'élément générateur de données 34. Un mécanisme de transfert d'aliquotes et de diluant 36, connu en soi, peut accomplir ce transfert, chaque analyse chimique requise étant associée à une cuvette 32 identifiée pour cet échantillon spécifique. Lorsque les différentes aliquotes sont dispensées, la rangée de cuvettes est indexée d'un pas pour chaque cuvette et son aliquote. Il faut entendre ici que «pas» et «indexé» se rapportent à des mouvements discrets mais ne sont pas limités à ceux-ci du fait que la rangée de cuvettes pourrait être entraînée lentement mais en continu.

Une zone de fourniture des réactifs 38 comporte des récipients séparés 40 de réactifs montés sur un disque 42 de réactifs. Un premier et un second dispensateur de réactif 44 et 46 ajoutent des réactifs appropriés aux cuvettes spécifiques lorsque ces cuvettes se déplacent le long de la trajectoire annulaire que forme leur rangée. Le point de dispensation du dispensateur du premier réactif par

rapport à la trajectoire des cuvettes est distant de quelques pas avant celui du second dispensateur 46 de sorte que, dans l'espace intermédiaire qui correspond à un intervalle de temps connu, le premier réactif peut avoir effectué la réaction avec l'aliquote avant l'introduction du second réactif. Certaines analyses chimiques peuvent nécessiter l'addition de réactif provenant de l'un seulement des dispensateurs.

Le mécanisme de transfert d'aliquotes et de diluant 36 comme aussi les dispensateurs de réactif 44 et 46 peuvent être du type qui oscille suivant un arc de cercle entre la source de fluide 28 ou 40 et une cuvette 32. Tous les deux, lorsqu'ils dispensent ou reçoivent un fluide, peuvent avoir leur sonde qui plonge dans des récipients 28, 32 et 40 et qui sont ensuite élevés pour être aptes à osciller librement suivant une trajectoire en arc de cercle.

Entre le moment où l'aliquote est dispensée et celui où le premier réactif est dispensé, les cuvettes parcourent une certaine distance le long de leur trajectoire, et un mouvement au cours duquel la mesure de transmittance de l'aliquote avec son diluant et les parois de la cuvette peut être effectuée. Juste avant le point où chaque cuvette est à nouveau placée sous le mécanisme 36 du dispensateur d'aliquotes, on trouve une station de lavage 48 ayant des sondes et des mécanismes pour éliminer les réactifs, s'il y en a, de la cuvette, laver celle-ci et la rendre utilisable pour la réception d'une nouvelle aliquote.

Les moyens générateurs de données 34 sont caractérisés par la présence d'une pluralité de photodétecteurs disposés radialement autour d'un rotor 56 et comprenant une source de radiation telle qu'une lampe 50, et des détecteurs individuels de radiation 52 qui peuvent être des cellules photoélectriques, des photomultiplicateurs ou autres. Chaque détecteur 52 peut avoir sa propre source de lumière 50, comme représenté dans les formes d'exécution des fig. 2 et 3, comme il peut y avoir une seule source de lumière telle que la lampe 50 de la forme d'exécution de la fig. 4. (Les mêmes chiffres de référence sont appliqués aux mêmes éléments ou à leurs équivalents dans les deux formes d'exécution.)

Dans la première forme d'exécution, les lampes individuelles 50 sont situées à l'extérieur de la trajectoire suivie par la rangée circulaire de cuvettes, alors que, dans la seconde forme d'exécution, la lampe unique 50 est située sur l'axe du rotor 56.

Dans les deux formes d'exécution, les moyens photodétecteurs sont entièrement portés par le rotor 56 en ce qui concerne la source et le détecteur 52. Les trajectoires de radiation 54 occupent au plus tout le rayon du rotor 56 mais, le plus généralement, comme par exemple dans la forme d'exécution des fig. 2 et 3, une fraction du rayon du rotor. Ainsi, la trajectoire est longue de quelques centimètres et a le minimum d'éléments optiques dans le train.

Les avantages de la présente disposition sont les plus importants lorsqu'il y a une pluralité de photomètres montés sur le rotor 56, mais certains d'entre eux peuvent exister même si un seul photomètre est utilisé; dès lors, une référence à un photomètre est destinée à comprendre les deux conceptions. Il est clair que, dans le cas d'un photomètre unique comparé à celui du rotor ayant huit photomètres, la vitesse à laquelle les données peuvent être collectées est inférieure, en admettant que le nombre des cuvettes de la table tournante et la vitesse de rotation du rotor sont les mêmes dans les deux cas.

Un appareil à photomètre unique peut avoir sa vitesse de production des données augmentée par un accroissement de sa vitesse de rotation. La capacité de traitement des données, de stockage et autre des moyens de traitement des données dépendra de la quantité des données à produire. De même, la complexité des moyens de traitement des données sera en rapport avec la variété des données produites. Tous ces facteurs et d'autres entrent en ligne de compte dans le choix du nombre des photomètres, de la vitesse du rotor, de la longueur d'onde à laquelle les mesures sont effectuées et des réactions chimiques qui peuvent être effectuées par l'appareil.

A titre comparatif, il est relevé que l'échelle des dessins des fig. 2 et 4 est telle que le diamètre du rotor 56 mesuré au-dessous de l'emplacement des lampes 50 dans la fig. 3 est sensiblement de 30 cm, de

telle sorte que le trajet optique total allant de la lampe 50 jusqu'au dispositif photosensible est inférieur à environ 2 cm dans les formes d'exécution des fig. 2 et 3, et inférieur à environ 8 cm dans la forme d'exécution de la fig. 4.

Le cercle des cuvettes 32 portées par le disque ou table tournante 74 tourne sur l'axe 58 qui est également l'axe de rotation du rotor 56. Ainsi, la rangée des cuvettes et les photomètres sont concentriques. Le montage et les moyens d'entraînement du rotor 56 et de la table tournante 74 seront décrits en détail en se référant aux fig. 2 à 4; cependant, des relations opérationnelles de temporisation et de position peuvent être considérées en se référant à la fig. 1. Comme indiqué ci-dessus, le rotor 56 dans les fig. 2 à 4 peut être considéré comme ayant un diamètre d'environ 30 cm qui indique une échelle d'environ $\frac{1}{2}$ dans ces figures. La fig. 1 est représentée à une échelle d'environ $\frac{1}{5}$. Dans aucun cas cela n'est limitatif du fait que l'invention a de larges applications à différentes formes et dimensions d'appareils.

Il apparaît de ce qui précède que, pendant le cycle complet du mouvement pour une seule rotation de la table 74, toute cuvette donnée 32 aura son aliquote soumise à un traitement de fluide, à une réaction chimique et à une mesure et, également, sera préparée à recevoir une nouvelle aliquote pour la répétition du cycle. La trajectoire des cuvettes est un cercle dans l'appareil qui a été représenté et qui sera décrit, mais des variantes peuvent intervenir sur ce point également.

La table tournante 74 est indexée à une vitesse relativement faible, faisant un total d'environ 5 à 20 tours par heure, les périodes d'arrêt étant quelque peu plus longues que les périodes de déplacements. Cette vitesse est considérée comme étant relativement lente par rapport à la vitesse du rotor 56 avec ses photomètres qui tourne normalement à une vitesse de plusieurs centaines de tr/min. Ainsi, pour chaque période d'arrêt, pendant lesquelles les mesures sont de préférence programmées pour être effectuées, il peut y avoir plusieurs rotations du rotor avec le nombre correspondant de mesures qui sont faites par tous les photomètres de toutes les cuvettes. De préférence, il y aura un minimum d'un tour du rotor 56 par période d'arrêt.

De cette façon, des mesures photométriques espacées plusieurs fois dans le temps de la réaction dans toute cuvette spécifique peuvent être effectuées, enregistrées et/ou stockées pour le traitement des données dans un seul circuit de la rangée de cuvettes, c'est-à-dire pendant un seul tour de la table tournante 74. Le mode décrit de traitement et la détermination du point terminal peuvent être effectués aisément dans cette période de temps pas seulement pour l'aliquote dans la seule cuvette 32, mais pour un nombre d'aliquotes qui peuvent être ajoutées et ôtées des cuvettes 32 de la table tournante 74.

S'il y a 120 cuvettes 32 montées sur la table tournante 74 et si celle-ci est indexée une fois par six secondes, un cycle complet est effectué par un tour unique de rotation de la table 74 par rapport au boîtier portant les éléments générateurs de données 34 chaque douze minutes. Si le rotor 56 et ses huit photomètres tournent autour de l'axe 58 à une vitesse d'un tour par six secondes, cela est une vitesse relativement faible de 10 tr/min ou 120 tours du rotor 56 pour chaque tour de la table tournante 74. Si l'on admet que les mesures sont effectuées en tout temps, chaque cuvette 32 de la rangée de la table tournante 74 est observée photométriquement 960 fois dans un cycle complet par rapport au boîtier portant les éléments générateurs de données, par exemple par rapport au point où l'aliquote a été introduite. Si la vitesse du rotor 56 est doublée, le nombre des mesures augmentera à 1920 fois mais il est à remarquer que, du fait que cela est vrai pour seulement une cuvette et son aliquote, le nombre total des mesures effectuées au cours d'un seul tour de la table tournante 74 est de l'ordre de 18 000 pour la vitesse la plus lente du rotor 56 et de 36 000 pour la vitesse double mentionnée.

Du fait que certaines des positions où les cuvettes 32 sont placées sont utilisées pour le nettoyage des cuvettes, que certaines sont utilisées pour injecter l'aliquote et porter celle-ci jusqu'au point d'inser-

tion du réactif et que d'autres peuvent également être utilisées pour une agitation, le nombre total des positions des cuvettes autour de la trajectoire circulaire où la mesure et la commande sont effectuées peut être inférieur au nombre total des cuvettes. Ainsi, le nombre total des mesures mentionnées ci-dessus peut être inférieur à celui conditionné par une quantité qui ferait intervenir les emplacements nécessaires pour les fonctions susmentionnées. Il peut être mentionné que la mesure peut être continuée dans toute position, si désiré, laissant les moyens de traitement des données éliminer les lectures qui n'ont pas de signification. Des lectures effectuées durant des périodes où s'effectue le nettoyage peuvent être considérées comme des mesures blanches et même certaines informations peuvent être acquises de l'aliquote à l'état non réagissant, avant l'introduction des réactifs. Aux fins de la discussion qui suit, on admettra que 800 mesures photométriques séparées peuvent être effectuées sur chaque aliquote lorsque le rotor tourne à 10 tr/min et qu'il y a 120 cuvettes, l'indexage s'effectuant à la cadence d'un tour de la table tournante 74 par douze minutes, chaque pas de l'indexage se produisant toutes les six secondes et plusieurs stations se trouvant le long de la trajectoire des cuvettes qui sont occupées par les fonctions qui ne sont pas concernées par la commande photométrique.

Du fait que 800 points de mesure de réaction, chaque mesure durant $\frac{3}{4}$ de seconde, ceci pendant dix minutes, ne peuvent pas être exigés, et du fait que certaines analyses chimiques peuvent être mieux commandées à une longueur d'onde spécifique, chacun des photomètres peut être muni d'un filtre spécifique 60 de sorte que chaque photomètre peut produire une radiation et effectuer des mesures à sa propre longueur d'onde. En admettant que chacun des filtres 60 est différent et que l'information d'une aliquote spécifique dans une cuvette spécifique peut être obtenue de façon la plus valable à partir de seulement un des huit photomètres, alors on peut obtenir de ce photomètre une centaine de mesures de réaction de cette aliquote pendant les dix minutes du cycle du fait qu'il y a une mesure chaque six secondes. Certainement, s'il est désiré que la réaction soit commandée plus souvent qu'à raison de toutes les six secondes, plus d'un des photomètres peut être agencé pour fonctionner à la même longueur d'onde.

Il est à remarquer que les photomètres qui sont illustrés au dessin sont espacés les uns des autres de façon égale autour du rotor 56, mais d'autres arrangements où les photomètres seraient groupés ou espacés de façon inégale peuvent être envisagés. Des déterminations micromatiques peuvent être désirables dans des paires de photomètres très proches les uns des autres.

Comme cela est connu, avec un choix convenable des réactifs, plusieurs réactions différentes peuvent être commandées à la même longueur d'onde; de ce fait, avec une possibilité de plusieurs longueurs d'onde différentes et une sélection convenable du réactif, de nombreuses analyses différentes peuvent être effectuées par l'appareil. Du fait que toutes les cuvettes sont observées par chacun des photomètres, les possibilités de plusieurs photomètres commandant à des longueurs d'onde différentes permettent à une aliquote seule comme aussi à une réaction dans une cuvette d'être commandées par plus d'un photomètre et, de ce fait, à plus d'une longueur d'onde, la séparation du temps entre les commandes des différentes longueurs d'ondes étant de $\frac{3}{4}$ de seconde dans la forme d'exécution représentée. Elle variera naturellement selon la construction et les exigences. Chaque aliquote n'a pas besoin d'être commandée à toutes les longueurs d'onde de même que chaque échantillon n'a pas à fournir des aliquotes pour tous les tests aptes à être effectués par l'appareil. Les valeurs dans les moyens d'entrée 18 et dans l'unité maîtresse de commande 20 peuvent être contrôlées et programmées de manière à commander l'exécution de seulement une partie des analyses requises pour chaque échantillon; on utilisera des cuvettes seulement si nécessaire, ce qui réduit le nombre total requis de volumes d'échantillons et de réactifs et maximise l'utilisation des positions des cuvettes et des moyens photométriques pour maximiser le rendement de l'appareil.

L'appareil ne nécessite pas qu'un cycle fixe de plusieurs analyses pour chaque échantillon soit effectué même si certaines des analyses du cycle ne sont pas requises pour certains des échantillons, non plus, comme cela est également connu dans l'état de la technique, qu'il ne nécessite le vidage des cuvettes représentant des analyses «sautées» pour occuper un espace dans la rangée tournante de la table 74. La fonction juste mentionnée et d'autres fonctions de contrôle de traitement par l'unité maîtresse de commande sont portées sur une ligne de contrôle de fonction 62 représentée à la fig. 5.

On mentionnera ici à titre récapitulatif que l'appareil a une grande flexibilité, étant applicable à un grand choix d'analyses sans cependant que son économie ou sa vitesse de fonctionnement soient sacrifiées. Comme mentionné ci-dessus, chaque aliquote ne nécessite pas d'être contrôlée à toutes les longueurs d'onde. En outre, chaque échantillon ne doit pas fournir des aliquotes pour toutes les analyses capables d'être accomplies par l'appareil. La sélection des analyses est effectuée ici sans perte de capacité analytique, sans perte d'aliquote ou de réactif, sans effectuer aucune analyse non nécessaire dont les données sont sans emploi et sans sauter aucune cuvette. Il convient également de relever que le rendement de l'appareil n'est pas affecté par sa grande versatilité.

On peut dire de cet appareil qu'il a une sélectivité d'analyses exacte sans l'équivocité des dispositifs d'analyses automatiques antérieurs en ce sens que si une analyse n'est pas effectuée dans une cuvette donnée, la même cuvette est disponible pour une autre analyse.

Ensuite, en se référant aux fig. 2 et 3, des détails d'une forme d'exécution du dispositif générateur de données 34 seront discutés en se référant occasionnellement à la fig. 4. Comme représenté, chaque source de radiation 50 et son détecteur associé 52 sont disposés relativement proches les uns des autres et sur une ligne et fixés au rotor 56 définissant entre eux de courts chemins de radiation 54 de longueur fixe correspondant à un rayon par rapport à l'axe 58. Ce rotor 56 est agencé de façon à tourner sur l'axe 58 et est muni d'un manchon rotatif dépendant 64 qui est pivoté sur des paliers 66 montés sur les éléments de base 68 et 70 du bâti. Des moyens d'entraînement convenables 72 peuvent être reliés au manchon 64 pour appliquer un mouvement rotatif au rotor 56 et à ses photomètres dont deux sont représentés à la fig. 3. Les composants des photomètres et les courts chemins de radiation 54 situés entre eux sont ainsi maintenus dans une orientation fixe les uns par rapport aux autres, de même que l'est leur orientation radiale par rapport à l'axe 58. Le montage du rotor 56 produit une orientation précise du chemin de radiation 54 par rapport à sa distance de l'axe 58, cette distance restant sensiblement constante lorsque le rotor tourne.

Les paliers 66 peuvent être de toute construction conventionnelle. Les critères pour de tels paliers sont la précision, la douceur de fonctionnement, la sûreté et l'aptitude à supporter le poids du rotor et de ses composants. Des efforts radiaux dus au poids et aux forces produites pendant la rotation du rotor 56 doivent également être pris en considération lors du choix des paliers 66.

La construction décrite de même qu'un choix judicieux de paliers 66 de haute qualité produisent un déplacement plus précis des photomètres pendant la rotation du rotor 56, ce qui permet des mesures photométriques précises et répétées pendant l'opération de fonctionnement de l'appareil. Indépendamment des précautions qui peuvent être prises pour réaliser une course précise et éliminer toute excentricité pendant la rotation, la nature de la construction est telle qu'une certaine excentricité durant la rotation n'affecte pas la précision.

La rangée annulaire de cuvettes 32 est montée sur la table tournante 74 comme indiqué. Les cuvettes peuvent être amovibles ou la table tournante peut être moulée ou réalisée de toute autre manière, les cuvettes 32 s'y trouvant de façon permanente. La table tournante 74 est montée de façon pivotante sur le même axe 58 que celui du rotor 56 et la disposition de la table tournante au-dessous du rotor 56 est telle qu'un accès à l'entrée des cuvettes 32 peut être assuré par-dessus, comme cela sera expliqué. La rangée des cuvettes s'étend vers le bas à partir du fond de la table tournante 74 qui est quelque

peu en forme de disque ou plane, définissant une trajectoire annulaire dans laquelle toutes les cuvettes circulent pendant la rotation de la table tournante 74. Cette bague coupe tous les chemins de radiation 54 des photomètres montés sur le rotor 56. Ces trajectoires 54 sont disposées radialement sur le rotor 56 et, dans le cas de trajectoires très courtes 54 des formes d'exécution des fig. 2 et 3, les espaces entre les filtres 60 et les lampes 50 définissent également une bague semblable qui coïncide avec celui formé par la trajectoire des cuvettes 32.

Les photomètres 50-52 peuvent être montés sur la surface supérieure du rotor 56 de toute manière convenable par des pinces ou tasseaux ou autre ou pourraient être montés à l'intérieur du disque épaissi formant le rotor qui pourrait être moulé de façon précise pour les recevoir. Dans ce cas, une gorge ou une configuration annulaire pourrait être ménagée dans la surface supérieure du rotor 56 en une configuration annulaire pour recevoir les rangées dépendantes de cuvettes pendant leur rotation. Les trajectoires de radiation pourraient être agencées de façon à passer dans cette gorge dans une direction radiale, ce qui leur permettrait de n'être pas obstruées par les parois de la cuvette dans laquelle l'aliquote à mesurer est placée. Les cuvettes sont évidemment faites d'un matériau transparent ou translucide et présentent des parois orientées convenablement de façon à ne pas produire de réflexion ou à ne pas disperser le faisceau de radiation qui les traverse.

La table tournante porte-cuvettes 74 présente un moyeu solidaire d'un collet 76 qui est centré sur l'axe 58 et est pivoté pour permettre sa rotation au moyen de paliers 78 qui sont montés entre le collet 76 et le manchon 64, permettant ainsi à la table porte-cuvettes de tourner indépendamment de la rotation du rotor porte-photomètres 56. La rotation de la table tournante 74 s'effectue par indexage et peut être réalisée par des moyens conventionnels non représentés à la fig. 3 mais représentés à la fig. 4 et qui seront exposés ci-après. Du fait que la table tournante 74 et le rotor 56 portant les photomètres sont coaxiaux, sur le même axe 58, et du fait que le collet 76 de la table tournante 74 tourne dans le manchon 64 du rotor 56, la trajectoire des cuvettes et la zone observée par les photomètres sont parfaitement concentriques et les cuvettes interceptent les courtes trajectoires de radiation 54 de chaque photomètre avec une précision dans la position hautement reproductible, ce qui permet des mesures photométriques très précises sans nécessiter des dispositifs complets de guidage de lumière employés dans les appareils connus.

Pour permettre la rotation continue et douce du rotor 56 portant les photomètres, celui-ci peut être prévu muni d'un volume circonferentiel lesté afin de produire un effet de volant. Au contraire, la table porte-cuvettes 74 devra être relativement légère si son indexage doit être accompli par pas avec des périodes d'arrêt entre les pas.

La fig. 4 illustre tout d'abord une forme d'exécution légèrement modifiée des photomètres 50-52. Cette modification et d'autres différences entre les fig. 3 et 4 seront présentées après la discussion de la fig. 5 qui comprend l'explication de la plupart des opérations de l'appareil représenté dans ces deux figures.

Comme représenté dans les fig. 3 à 5, la sortie électrique du détecteur de radiation 52 est reliée à des composants électriques pour une conversion analogique-digitale et pour la transmission du générateur de données 34 vers la console de commande 10 (fig. 1). De préférence, les composants électriques sont fixés à des parties du rotor 56 et à son manchon 64 au moyen d'éléments de circuit, de planches de circuit et de connecteurs tels que 80 et 82, de telle manière que les composants électriques peuvent se déplacer avec les photomètres associés pendant la rotation autour de l'axe 58 sans nécessiter de bague frottante, de commutateur ou autre, au point de contact du circuit, ou une circuiterie encore plus compliquée. La transmission d'une grande quantité de mesures électriques discrètes sous forme de valeurs analogiques à partir d'une pluralité de détecteurs de radiation 52 qui se déplacent en continu présente des problèmes, à la fois mécaniques et électriques. Le besoin d'une forte production de données précises à partir de plusieurs photomètres concernant de nombreuses analyses chimiques effectuées sur un

grand nombre d'aliquotes n'a pas été satisfait par les appareils précédents. L'agencement de la fig. 5 fournit un mode de transmission de données qui est à la fois efficace et souple et cependant simple et précis.

En commençant avec la partie supérieure gauche de la fig. 5, on voit un des assemblages monté sur le rotor 56 qui est appelé module photométrique 84 avec sa source de radiation 50 dirigeant sa radiation de façon qu'elle passe à travers les parois de l'une des cuvettes 32 et rencontre la surface sensible du détecteur 52 après avoir traversé le filtre 60. Le détecteur pourrait être une diode au silicium, un photomultiplicateur, une photodiode à vide, ou d'autres dispositifs photosensibles. Quelques millisecondes de temps d'observation par l'un des photomètres se déplaçant en regard d'une cuvette fixe seront suffisantes pour obtenir la mesure analogique désirée de la radiation incidente sur le détecteur 52 pour permettre une calculation éventuelle de l'absorption et de l'absorbance. Le détecteur 52 répond à la quantité de radiation transmise par l'aliquote dans la cuvette et les parois de la cuvette en produisant un signal électrique proportionnel à cette quantité de radiation. Un intégrateur 86 est relié au détecteur et convertit le signal produit en une tension de sortie qui est proportionnelle à la transmittance de l'aliquote. Un convertisseur logarithmique analogique-digital 88 est relié à la sortie de l'intégrateur et produit à sa sortie, sur une ligne 90, un signal digital qui est fonction de l'absorbance de l'aliquote. Dans le but d'illustration, seulement l'un des huit modules photométriques 84 a été représenté mais toutes les huit lignes de sortie photométriques 90 sont représentées.

Du fait qu'à une des positions instantanées du rotor 56 portant les photomètres et tournant en continu, tous les huit détecteurs 52 peuvent recevoir respectivement des radiations qui ont traversé les échantillons dans huit cuvettes différentes, un multiplexeur digital 92 est relié à toutes les sorties de photomètres 90. Ce multiplexeur fonctionne typiquement à la façon d'un interrupteur sous la commande d'une unité de commande des données 94 au moyen d'une ligne de commande 96 discrètement pour transférer les données de chacun des convertisseurs logarithmiques A/D 88 à l'unité de commande des données sur la ligne de données 98. Ces données peuvent être traitées sous la forme de bits binaires, un mot clé binaire représentant l'absorbance d'une cuvette. La corrélation de chaque mot clé d'absorbance spécifique avec son aliquote ou cuvette peut être obtenue par l'unité de commande des données. Les moyens assurant une telle identification et pour les relier à l'unité de commande des données ne sont pas représentés. Après que le mot clé a été transféré à l'unité de commande des données 94, l'unité produit une commande de retour sur une ligne 100 vers le convertisseur logarithmique A/D approprié 88 pour permettre à ce convertisseur de recevoir le signal analogique suivant dérivé de la cuvette suivante observée par ce photomètre 84.

Chaque intégrateur 86 est remis à zéro par son convertisseur A/D lorsque son mot digital est envoyé au multiplexeur. Une ligne de retour 102 porte cet ordre généralement avant la remise à zéro du convertisseur A/D par l'unité de commande des données 94. Pour assurer que la radiation à travers une cuvette ne comporte pas une radiation provenant d'une cuvette adjacente observée par son intégrateur 86, l'intégrateur peut être mis en marche par une ligne de commande intégrée de départ 104 qui peut être actionnée en réponse à l'une de conditions diverses telles que: relation de temps avec les moyens d'entraînement 72 du rotor 56 ou positionnement de la cuvette par rapport à la trajectoire 54, ou encore forme de la longueur d'onde du signal de sortie du détecteur 52.

Suivant la sophistication de l'unité de commande des données 94 et la dimension de sa mémoire, s'il y en a une, la manière dont sont traitées les données entrée-sortie peut être variable. Par exemple, en utilisant une simple unité de commande de données, chaque fois qu'un mot digital est envoyé à l'unité de commande des données, il peut être transmis à l'unité maîtresse de commande 20 et être traité dans celle-ci pour être reçu par l'unité de lecture 22. L'unité maîtresse de commande peut avoir un stockage de données et une capacité de corrélation aussi bien que la commande fonctionnelle men-

tionnée précédemment et l'information d'instruction et de commande. D'autre part, si l'unité de commande des données a une capacité de stockage suffisante, au moins tous les mots clés tels que les 960 mentionnés qui sont obtenus pendant un ou plusieurs tours du rotor 56 peuvent y être stockés.

En admettant que chacun des photomètres 52 est actionné à des longueurs d'onde différentes et qu'une cuvette spécifique 32 doit être contrôlée par seulement un photomètre 52 fonctionnant à la longueur d'onde qui optimise la mesure des réactions spécifiques se produisant dans cette cuvette, alors, parmi les 960 mots clés reçus par le multiplexeur 92 pendant un cycle ou une rotation du rotor 56 portant les photomètres, seuls 120 de ces mots (pour l'exemple décrit) seraient normalement nécessaires à l'unité maîtresse de commande 20. La détermination de ceux des mots clés qui doivent être employés pour le traitement des données est développée à partir de l'entrée d'information qui associe des échantillons spécifiques avec des analyses spécifiques. L'unité maîtresse de commande 20 assigne alors chaque cuvette à un échantillon et à une analyse et, de la sorte, à un photomètre spécifique; après cela, le mot clé requis par cette cuvette pour chaque tour du rotor 56 peut être identifié et rapporté aux mots clés de la même cuvette 32 obtenus à partir de chacun des tours suivants du rotor qui, dans la forme d'exécution préférée, totalise 120 tours.

Suivant la quantité désirable de communications entre l'unité de commande des données 94 et l'unité maîtresse de commande, les dimensions de leurs mémoires, la vitesse de fonctionnement de l'appareil, etc., lesquelles influencent toutes le coût, le rendement et d'autres facteurs qui influencent eux-mêmes sa construction, celle-ci peut prévoir que 96 000 mots soient transmis à l'unité maîtresse de commande pour sa sélection des 12 000 mots clés; les deux unités de commande 20 et 94 peuvent aussi communiquer de telle manière que seuls les 12 000 mots désirés soient transmis de l'unité de commande des données à l'unité maîtresse de commande.

La construction est influencée par le temps de transmission des mots clés à partir de l'unité de commande des données vers l'unité maîtresse de commande. Il peut y avoir une quantité finie de temps inutilisé entre l'observation de chaque cuvette alors que le rotor 56 se place en alignement avec le jeu suivant de huit cuvettes et également à la fin de chaque tour, lorsque la rangée de cuvettes est indexée d'un pas. Du fait que l'appareil peut fonctionner en continu, comme indiqué précédemment, un tour peut être suivi par le suivant sans interruption appréciable, à l'encontre de ce qui se fait suivant le mode opératoire par fournées. De ce fait, des données peuvent aussi être transmises en continu et n'être pas stockées jusqu'à un temps ultérieur puis envoyées dans une unité de traitement. Cette transmission continue de données à partir d'un élément producteur de données 34 vers une console de commande 10 peut être soumise au contrôle de l'unité de commande des données 94 plutôt qu'exclusivement à l'unité maîtresse de commande 20, comme mentionné ci-dessus.

En se référant au temps inutilisé indiqué ci-dessus, c'est-à-dire le temps entre l'observation des cuvettes ou à la fin d'un tour, aucune limitation n'est envisagée. Ainsi, il est possible de mesurer le courant obscur entre les observations de cuvette pour régler les échelles photométriques. Les lectures peuvent aisément être identifiées par l'unité de commande et traitées comme désiré et programmées.

Quoiqu'une opération en continu ait des avantages bien connus par rapport au fonctionnement par fournées, il peut se trouver des raisons qui militent en faveur de ce dernier mode de fonctionnement. Le présent appareil peut être utilisé de cette manière. Par exemple, la table tournante 74 tout entière peut être en forme de disque amovible, pour être remplacée par un ou plusieurs disques similaires ayant des cuvettes déjà remplies d'aliquotes et éventuellement même de réactifs, chaque disque de remplacement constituant une fournée. Si la fournée consiste seulement en quelques aliquotes, le disque de cuvettes pourrait être réalisé sous forme de segments et alors seulement un segment ou une partie du disque être remplacé par un segment de

cuvette préparé. De même, une analyse urgente pourrait être «insérée» dans l'appareil.

Une telle construction aurait une table tournante comme celle représentée en 74, avec un mince plateau de plastique peut-être formé par moulage sous vide de résine synthétique en feuille, les dépressions formant les cuvettes, capable d'être fixé ou pincé sur la surface supérieure de la table tournante. Le fonctionnement de l'appareil ne serait pas très différent, étant seulement requis qu'il soit possible de réaliser une orientation convenable du disque remplaçable pour produire une identification des échantillons, et avec certaines modifications qui provoquent le départ et l'arrêt de l'appareil de telle manière que l'opérateur puisse enlever le disque utilisé et le remplacer par un nouveau.

En fonctionnement normal, un tel disque ou table tournante n'est pas nécessaire et ses cuvettes peuvent être observées par la pluralité des photomètres pendant la rotation du rotor 56. L'indexation du disque ou de la table tournante 74 serait utile là où l'appareil peut fonctionner alternativement en continu ou par fournées. L'amovibilité du disque sur la table tournante 74 peut être un avantage lorsqu'une analyse doit être effectuée d'urgence et qu'il n'est pas désiré d'intégrer de telles analyses lorsque des analyses de routine sont effectuées. L'indexation peut également être avantageuse en ce qui concerne l'amovibilité dans un mode de fonctionnement par fournées où les étapes portent différents jeux de filtres engagés dans les trajectoires des radiations.

Dans un dispositif travaillant par fournées où le rotor porte une pluralité de photomètres, ceux-ci peuvent utiliser des lampes individuelles 50 pour chaque photodétecteur 62 ou une source unique de radiation servant à tous les photomètres.

Une variante de l'invention peut comprendre une table fixe ou indexable avec des cuvettes et un rotor ayant un unique photomètre, ce rotor portant également une roue à filtres disposée verticalement et interceptant le faisceau de radiation du photomètre avant qu'il traverse les cuvettes. Le rotor, dans ce cas, est agencé de façon à s'arrêter momentanément à chaque cuvette et à faire tourner automatiquement la roue à filtres pour produire plusieurs mesures à des longueurs d'onde différentes qui sont identifiées par des moyens de synchronisation de façon à être envoyées à l'adresse convenable du dispositif de stockage ou d'enregistrement par les moyens de commande des données. De cette façon, l'effet de plusieurs photomètres est obtenu sans la nécessité d'une duplication de ceux-ci.

Il est à remarquer que la référence à la rotation ou au tour du rotor 56 n'est pas limitative à un mouvement dans une direction du fait qu'il est possible que le rotor 56 oscille en tournant sensiblement d'un tour et revienne sur lui-même pour tourner d'un nouveau tour dans le sens inverse, etc.

Ensuite, en se référant à la fig. 5, on décrira deux types de circulation et de commande des données; le premier qui nécessite des communications à deux pistes entre les unités de commande 20 et 94; et le second à communication à une piste. Ce dernier, quoique plus simple que le premier, nécessite une sophistication plus poussée et également une capacité de stockage supérieure pour l'unité maîtresse de commande.

Des communications à deux pistes entre l'unité maîtresse de commande et l'unité de commande des données peuvent être réalisées au moyen d'une paire d'unités logiques de communication 106 et 108, une paire de transmetteurs 110 et 112 et une paire de récepteurs 114 et 116. Les éléments 106, 110 et 114 sont logés dans la partie rotative de l'élément producteur de données 34. Les éléments correspondants 108, 112 et 116 sont logés dans la console de commande 10 et/ou dans une partie stationnaire de l'élément 34. Un bus de commandes 118 et un bus de données 120 relient l'unité de commande des données 94 à l'unité de communications logique 106.

De cette manière, des bus de commandes et de données 122 et 124 relient l'unité maîtresse de commande 20 à l'unité de commande de communications logique 108. La possibilité pour qu'un ou plusieurs mots clés soient écrits ou lus par l'une ou l'autre ou par les deux mémoires dans les unités 20 et 94, et la possibilité que les unités

logiques associées 106 et 108 reçoivent ou transmettent ces données est typique de la commande d'informations bidirectionnelle sur les bus 118 et 122.

Du fait que, dans la forme d'exécution décrite ci-après des électroniques, il y a des communications à double piste entre l'unité de commande des données dans la table de réaction et l'unité maîtresse de commande dans la console de commande, les bus de commandes et de données 118 et 124 sont bidirectionnels comme indiqué par les flèches de la fig. 5. De même les unités logiques de communications 106 et 108 possèdent deux capacités à double piste. Les bus bidirectionnels 120 et 124 portent chacun un mot clé sérié en ordre parallèle de bits parallèles mais les entrées des récepteurs 114 et 116 et les sorties vers les transmetteurs 110 et 112 sont sériées par bit. Les formes d'exécution préférées des transmetteurs et récepteurs telles que représentées dans les fig. 3 et 5 sont respectivement photo-émetteurs et photosensibles. La fig. 4 emploie un dispositif à bague frottante 110-116; cependant, d'autres formes de transmission et réception sont possibles telles qu'à radio-fréquence et sont comprises dans les termes généraux et ne doivent pas être considérées comme exclues par l'illustration des formes d'exécution préférées.

La phototransmission, par exemple par photodiode, est à la fois simple et bien adaptée au traitement de données binaires et est bien connue des gens du métier. En outre, la photoémission et la photo-réception sont moins sujettes aux interférences que les transmissions radio, spécialement lorsque les éléments 110, 116 peuvent être placés très près l'un de l'autre.

Comme le montre la fig. 3, le transmetteur 110 et le récepteur 114 peuvent être logés dans le manchon 64 et tourner avec lui tout près de l'axe 58. Les éléments associés 116 et 112 peuvent être fixes et se trouver tout près de la projection de l'axe et être reliés par des fils avec l'unité logique 108 dans la console de commande 10. Si ce montage est ainsi réalisé tout près de l'axe 58, le fait que le transmetteur 110 et le récepteur 114 sont rotatifs ne produit pas d'erreurs dans la transmission des données binaires. D'autre part, si c'est la grandeur du signal plutôt que sa présence ou son absence qui est significative, que l'on mesure des données d'analyse ou des commandes, le mouvement relatif des transmetteurs et récepteurs ne produit pas d'erreur de transmission.

De ce qui précède, on relèvera que, pour un emploi économique de la capacité de stockage dans l'unité maîtresse de commande 20, seuls les mots clés désirés doivent être transmis à partir de l'unité de commande des données 94. Pour effectuer une telle économie, l'information d'entrée à partir des moyens d'entrées de données 18 permettent à l'unité maîtresse de commande d'établir une liste des aliquotes ou de leur cuvette à partir desquelles des données sont désirées. Lorsque des nouveaux échantillons sont ajoutés au disque d'échantillons 30, lorsqu'une information d'entrée associée est envoyée dans l'unité maîtresse de commande et que les vieux échantillons achèvent leur analyse, la liste «désirée» est munie de données en continu. Comme chaque mot clé est reçu par l'unité de commande de données 94, à partir du multiplexeur 92, il est comparé, par des communications à deux pistes, avec la liste désirée de données et n'est transmis à l'unité maîtresse de commande qu'après une comparaison affirmative. Cette communication nécessite que l'unité de commande de données et son unité logique aient des échanges sur les bus 118 et 120 concernant: le fait que le mot clé a été reçu par le multiplexeur, l'identification de ce mot clé et le fait que les unités logiques 106 et 108 sont prêtes à communiquer l'information d'identification à l'unité maîtresse de commande.

De la même manière, l'unité maîtresse de commande et ses bus 122 et 124 avec son unité logique 108 reconnaissent la capacité de communiquer, reçoivent les données d'identification, effectuent une réponse de comparaison et alors amènent le mot clé soit à être éliminé par l'unité de commande de données, soit à être transmis pour stockage par l'unité maîtresse de commande. Chaque communication nécessite la transmission et la réception par l'une ou l'autre d'une paire de composants 110 et 116 ou 112 et 114.

Dans d'autres formes d'exécution de communication de données, tous les mots clés sont transmis à partir de l'unité de commande de données 94 vers l'unité maîtresse de commande 20 et cette dernière décide elle-même quels sont les mots clés qui continuent à être stockés pour une lecture ultime. Du fait de cette forme plus simple de communication, les bus de données 120 et 124 ne nécessitent que d'alimenter en direction de l'unité maîtresse de commande, l'unité logique de communication 106 ne fonctionnant que comme unité émettrice, l'unité logique de communication 108 fonctionnant seulement comme unité réceptrice et la paire d'éléments transmetteurs-récepteurs 112 et 144 n'étant plus nécessaire. Les bus de commandes bidirectionnels 118 et 122 entre les unités de commande et leurs unités logiques de communications respectives sont nécessaires pour les raisons mentionnées ci-dessus.

Les différences entre les formes d'exécution des fig. 3 et 4 sont décrites ici: tout d'abord, concernant les moyens photométriques, la source de radiation 50 de la fig. 4 est disposée sur l'axe 58 qui comprend une lampe au tungstène unique plutôt qu'une pluralité de lampes placées autour de la périphérie du rotor 56 de photomètres comme dans la fig. 3. La source 50 dans la fig. 4 est reliée au rotor 56 pour tourner avec lui.

Une pluralité de tubes optiques contenant des lentilles 126 sont montés sur le rotor 56 des photomètres de la fig. 4 de telle manière qu'une extrémité de chaque tube soit située à proximité de la source de radiation 50 et l'autre extrémité proche de la trajectoire annulaire définie par les cuvettes et en alignement avec un détecteur spécifique de radiation ou photométrie 52. Les détecteurs photométriques 52 sont également montés sur le rotor 56 sensiblement comme dans la forme d'exécution de la fig. 3. Les trajectoires des faisceaux de radiation atteignant chaque détecteur sont en fait les mêmes que dans la fig. 3.

Un avantage de l'emploi d'une source unique 50 réside dans le fait qu'il est plus facile de dissiper la chaleur produite par celle-ci et ainsi plus facile de régler la température des cuvettes 32. Il est à remarquer que, dans la forme d'exécution de la fig. 3, les lampes individuelles sont placées très près de la bague formée par la trajectoire des cuvettes de sorte que la chaleur de ces lampes peut être transmise au matériau porté par les cuvettes. La nature de nombreuses réactions dont les caractéristiques doivent être mesurées est telle que les changements de température sont critiques. En fait, des moyens sont souvent prévus pour réaliser l'incubation des cuvettes pendant leur observation et l'agencement de la fig. 4 permet à une telle construction d'être réalisée plus facilement et d'être plus efficace en fonctionnement du fait de l'absence de source de chaleur.

Un autre avantage d'une source unique telle que représentée à la fig. 4 réside dans le fait qu'il n'y a pas de problèmes d'intensités, de couleurs, ou de longueurs d'onde différentes qui peuvent se produire avec une pluralité de lampes différentes, même si elles sont adaptées les unes aux autres. Tout ce qui se produit avec une lampe unique 50 se passe pour toutes les lectures effectuées, de sorte que l'effet n'est pas faussé en ce qui concerne les mesures relatives. La lampe 50 peut être refroidie très aisément par une circulation d'air de telle manière que, par exemple, les cuvettes ne soient pas refroidies également. La source d'énergie pour une source de lumière unique 50 est plus simple et plus économique.

Dans les figures décrites ici, un faisceau lumineux unique 54 passe à travers la cuvette 32 et, de là, rencontre le photodétecteur 52 après avoir passé à travers un filtre 60 qui est usuellement à proximité immédiate sinon incorporé au photodétecteur. Dans la construction de la fig. 4, il est possible de focaliser le faisceau lumineux de façon qu'il soit très fin pour passer par la partie inférieure des cuvettes 32 mais, en addition, il est possible d'incorporer les moyens de fractionnement du faisceau dans le tube focaliseur ou à l'extérieur de celui-ci pour produire deux faisceaux qui seront dirigés parallèlement à deux niveaux différents des cuvettes pour permettre l'observation de couches différentes du produit à analyser. Une telle construction est représentée à la fig. 4a et est décrite ici en détail.

Dans la fig. 4a, les éléments équivalant à ceux de la fig. 4 portent les mêmes chiffres de référence munis du signe "''". Le rotor 56' a un tube de focalisation 126' qui dirige un faisceau 54' dérivé d'une source telle que 50 (non représentée à la fig. 4a) sur un miroir semi-argenté ou dichroïque 150 disposé à 45° devant le tube 126'. Une partie du faisceau passe à travers le miroir 150 et devient un faisceau inférieur 54'b, une autre étant réfléchiée à 90° vers le haut et de là réfléchiée par le miroir 152 à 45° pour devenir le faisceau supérieur 54'u. Ces faisceaux passent à des différents niveaux à travers le liquide 154 se trouvant dans la cuvette 32' montée sur la table tournante 74' qui est disposée de façon à se déplacer suivant une trajectoire qui l'amène, de même que les cuvettes, dans la gorge 156 ménagée dans le rotor 56.

Il y a deux photodétecteurs 52' et 52'' montés sur le rotor 56 dans des cavités convenables alignés avec les miroirs 150 et 152 respectivement et ainsi alignés de façon à recevoir les faisceaux 54'b et 54'u sur leur surface sensible. Chacun est muni d'un filtre 60' et 60'', respectivement. Les ouvertures 158 et 160, respectivement, permettent le passage des faisceaux lumineux.

Il est évident que le faisceau 54' émergeant du tube de focalisation 126' éclate, une partie traversant la couche inférieure du liquide 154 et une partie traversant une couche supérieure de ce même liquide. Les photodétecteurs 52' et 52'' sont indépendants, chacun produisant un signal différent qui peut être transmis par des connexions convenables à l'équipement de traitement des données pour produire des informations additionnelles concernant la réaction qui peut se produire dans la cuvette 32'.

La fig. 4 représente les moyens d'entraînement pour la table tournante 74 des cuvettes qui n'ont pas été représentés à la fig. 3, du fait des limitations spatiales du dessin. Un moteur 128 a son arbre d'entraînement 130 relié par un pignon 132 à une denture correspondante 134 que présente la périphérie de la table tournante 74. Si l'indexage des cuvettes doit s'effectuer pas à pas, le moteur 128 peut être un moteur pas à pas ou être muni de moyens de transmission ou d'accouplement, etc., aptes à produire une avance pas à pas convenable à partir d'un moteur entraîné en continu.

Comme mentionné brièvement précédemment, un dispositif à bague frottante 110-116 peut équiper le récepteur et le transmetteur

de l'appareil et relier les communications de données ou autres de la table de réaction 34 à l'unité maîtresse de commande 20.

De ce qui précède, on comprend comment tout l'appareil fonctionne avec ses moyens photométriques mobiles, et de préférence en mode continu, pour placer dans l'unité maîtresse de commande 20 les valeurs digitales des lectures se rapportant à l'absorbance à partir d'éléments producteurs de données 34. Du fait que la réaction peut être contrôlée à des intervalles fréquents pendant une période de temps prolongée plutôt que pendant une faible période de temps, les données de vitesse et de point terminal sont obtenables à la fois. Une fois dans l'unité maîtresse de commande, les données brutes peuvent être associées à chaque analyse et envoyées à l'unité de lecture 22 sans aucune réduction de donnée, conversion ou analyse, les opérations étant laissées à l'art du technicien qui les interprète.

Dans une forme d'exécution préférée, l'unité maîtresse de commande a la capacité d'associer les données pour chaque analyse, d'obtenir la détermination de la vitesse mathématique et/ou du point terminal, puis de convertir cette information en une lecture de la valeur chimique dans les unités de concentration désirées pour l'analyse, puis d'envoyer les résultats dans l'unité de lecture.

Bien que des variantes de construction et de fonctionnement de cet appareil de contrôle des réactions chimiques aient été décrites ci-dessus, d'autres variantes peuvent être envisagées. Par exemple, les formes d'exécution préférées proposent un mouvement continu du rotor porte-photomètres; cependant, un dispositif à mouvement pas à pas peut être employé. De même les moyens photométriques sont espacés autour de la circonférence de leur support, puisque cette position permet une distribution uniforme du poids tout autour du support; cependant, les moyens photométriques pourraient être montés à des distances variables, spécialement si la trajectoire du mouvement est autre que circulaire. Il peut être désiré d'employer des cuvettes à détruire. Dans ce cas, la station de nettoyage 48 serait remplacée par des moyens éliminant les cuvettes utilisées et insérant des cuvettes propres sur la table tournante porte-cuvettes 74. Au moins dans cette situation, les cuvettes ne nécessitent pas de se déplacer selon une trajectoire fermée. Les réactifs ne doivent pas obligatoirement être liquides mais peuvent être dispensés à l'état sec. Les cuvettes peuvent être utilisées dans un mode prêt à être jeté avec le réactif déjà en place, ne nécessitant que l'addition de l'aliquote et du diluant.

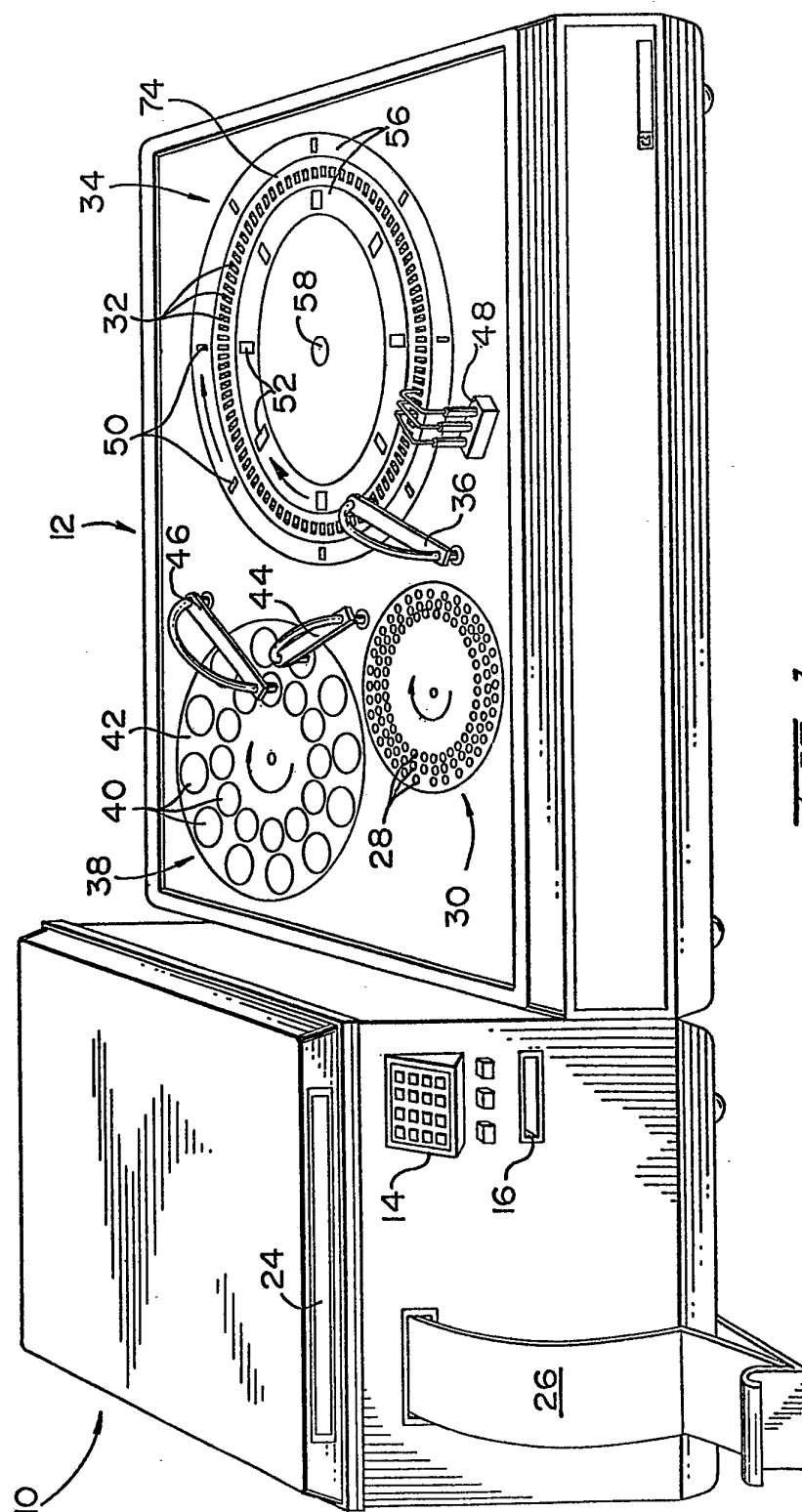


FIG. 1 -

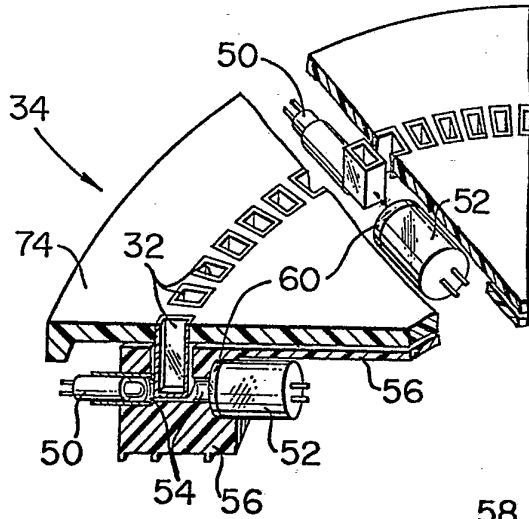


FIG. 2.

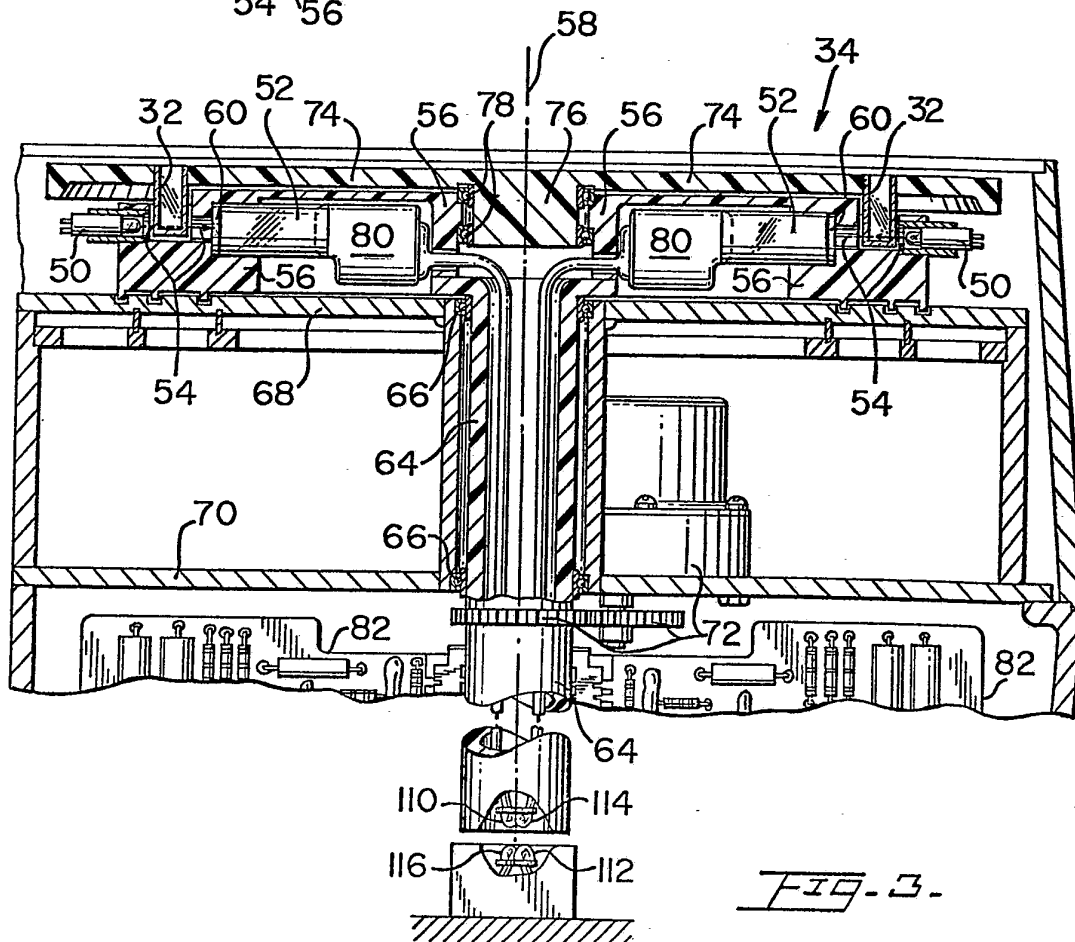
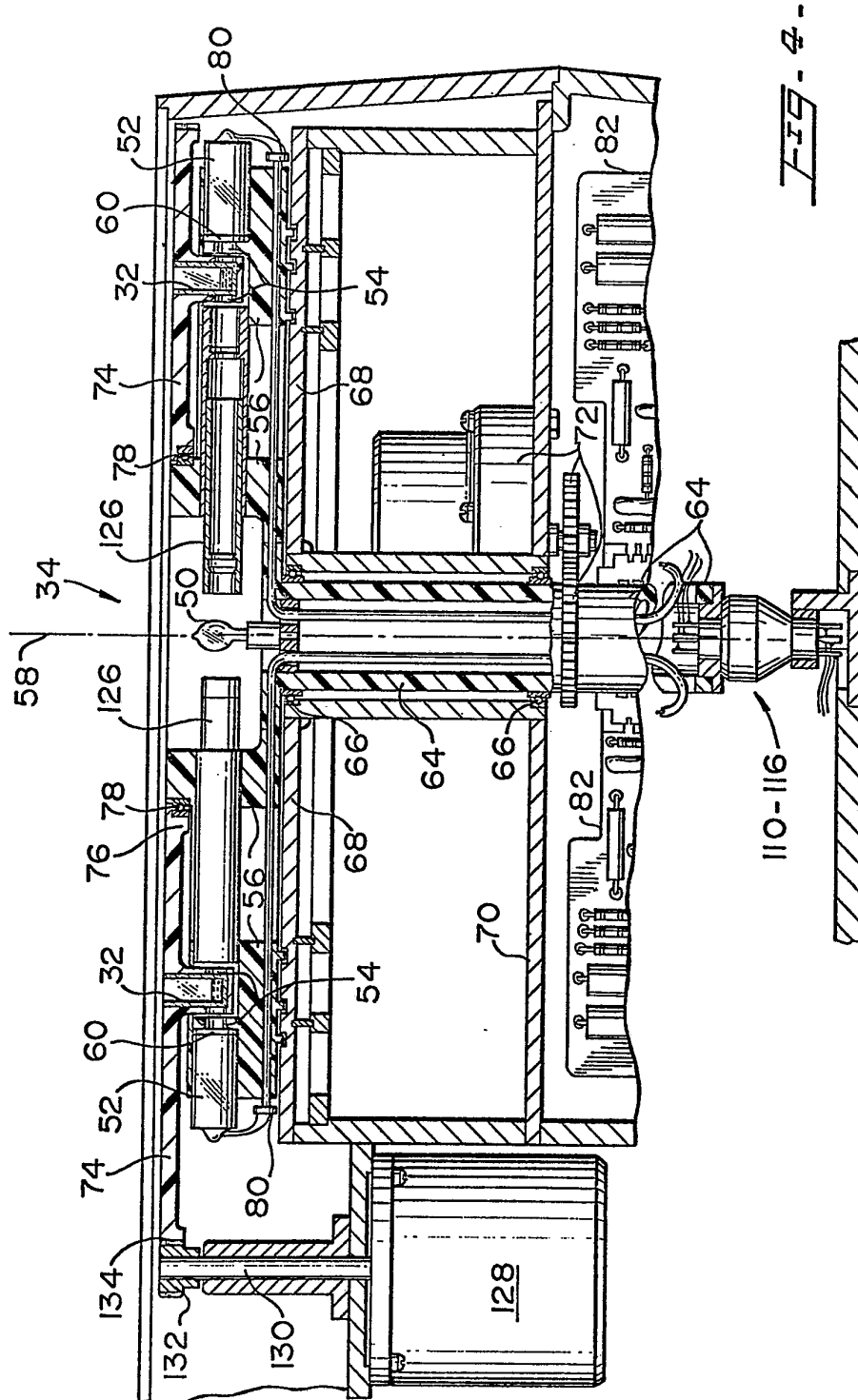
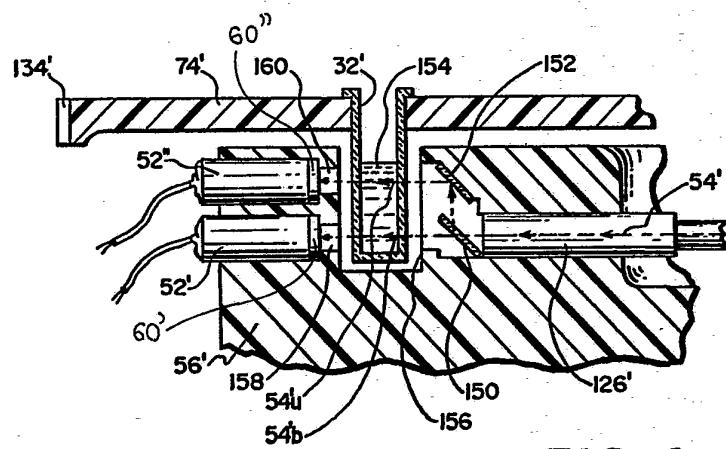


FIG. 3.



**FIG. 4a**

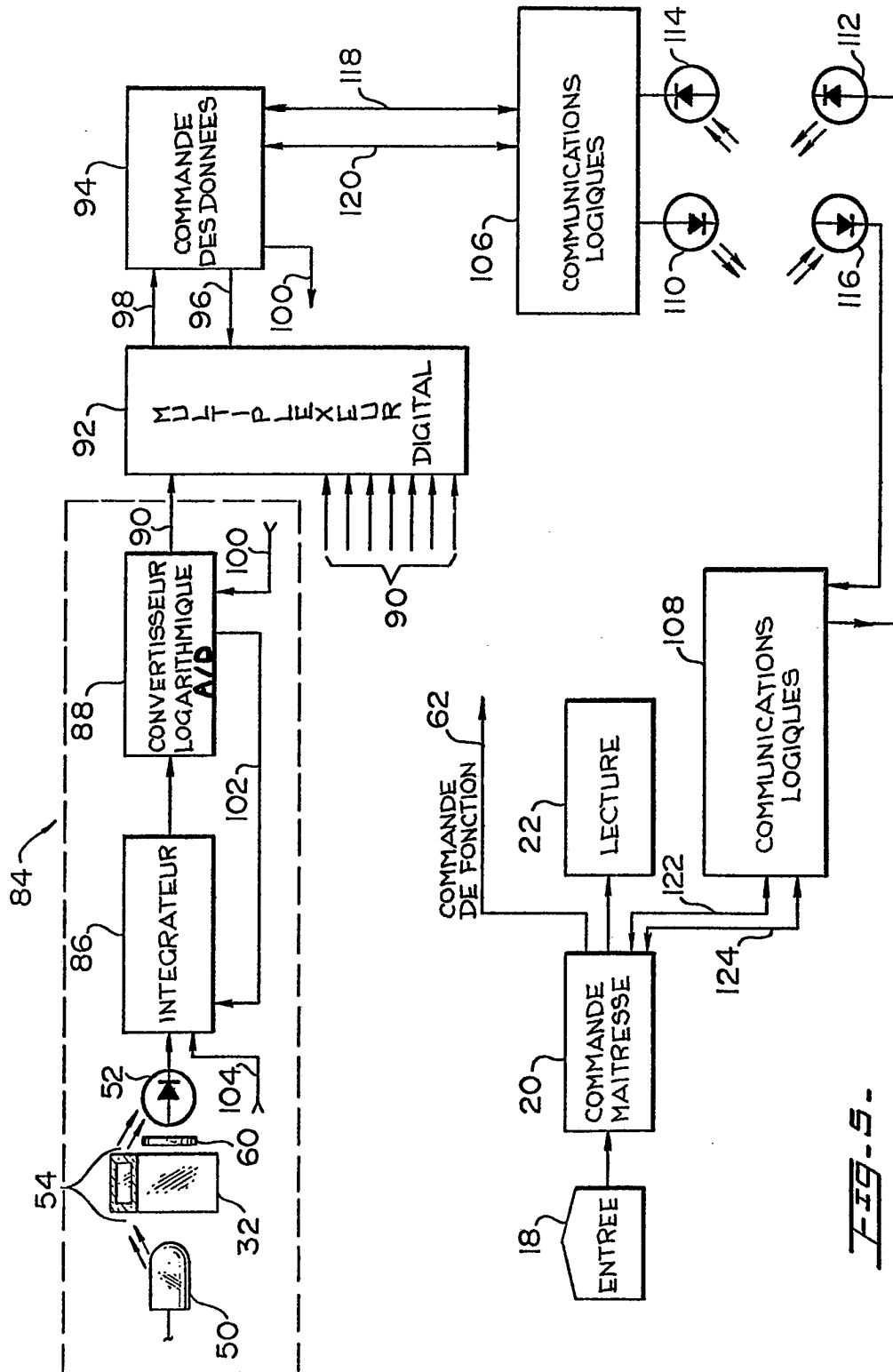


Fig. 5.