



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 243 350 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
25.09.2002 Bulletin 2002/39

(51) Int Cl.7: **B07C 5/342**

(21) Numéro de dépôt: **02360092.7**

(22) Date de dépôt: **18.03.2002**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventeurs:
• **Bourelly, Antoine**
84240 La Tour d'Aigues (FR)
• **Pellenc, Roger**
84120 Pertuis (FR)

(30) Priorité: **19.03.2001 FR 0103700**

(74) Mandataire: **Nuss, Pierre et al**
Cabinet Nuss
10, rue Jacques Kablé
67080 Strasbourg Cédex (FR)

(71) Demandeur: **PELLENC (Société Anonyme)**
84120 Pertuis (FR)

(54) **Dispositif et procédé d'inspection automatique d'objets défilant en flux sensiblement monocouche**

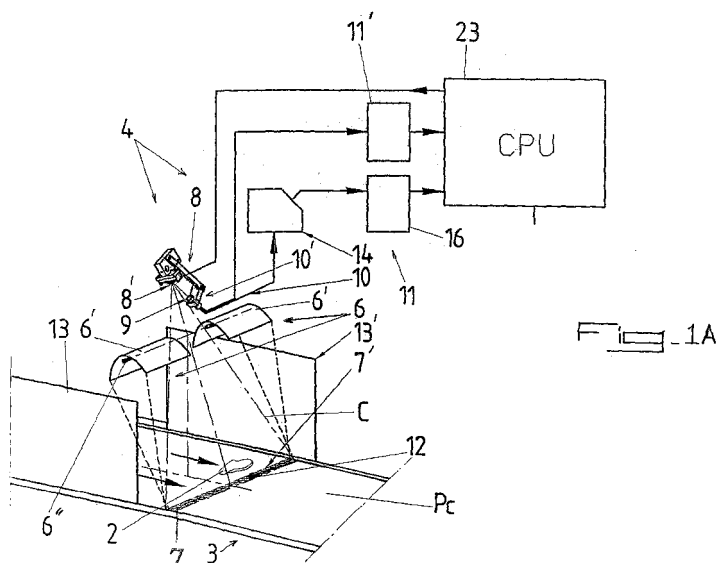
(57) La présente invention a pour objet un dispositif et un procédé d'inspection automatique par matière d'objets défilant en flux sensiblement monocouche. Ce dispositif comprend un poste (4) de détection à travers lequel passe le flux d'objets (2), ce poste de détection comportant :

- des moyens (6) d'application de rayonnements électromagnétiques en direction du plan de convoyage des objets (2) et définissant un plan d'éclairage, l'intersection des plans d'éclairage et de convoyage définissant une ligne de détection,
- un dispositif (8) de réception balayant périodique-

ment tout point de ladite ligne de détection et recevant les rayonnements réfléchis par une zone de mesure élémentaire, le plan défini par ladite ligne de détection et le centre optique d'entrée étant appelé plan de balayage,

- des moyens (10) de transmission desdits rayonnements réfléchis,

machine caractérisée en ce que les rayonnements émis sont concentrés au voisinage du plan d'éclairage (Pe) et en ce que ledit plan d'éclairage (Pe) et le plan de balayage (Pb) sont confondus, ce plan commun (Pe, Pb) étant incliné par rapport à la perpendiculaire (D) au plan de convoyage (Pc).



EP 1 243 350 A1

Description

[0001] La présente invention concerne la caractérisation, et le cas échéant le tri, automatique d'objets, notamment d'emballages ménagers recyclables, selon leurs matériaux constitutifs et/ou selon leur couleur, la combinaison d'un matériau ou d'une substance constitutive et d'une couleur étant appelée dans la suite une catégorie.

[0002] Elle a pour objet un dispositif et un procédé d'inspection automatique d'objets défilants avec caractérisation et discrimination en fonction de leur composition chimique.

[0003] La machine selon l'invention est particulièrement, mais non limitativement, adaptée à l'inspection, et le cas échéant au tri, à haute cadence de différents emballages plastiques recyclables, notamment les flacons en PET, PEHD, PVC, PP et PS, ainsi que des emballages papiers/cartons, composites (briques de boisson) ou métalliques.

[0004] Toutefois, cette machine pourra également être mise en oeuvre pour l'inspection et la discrimination de tous autres objets ou articles renfermant des composés chimiques organiques et défilant avec une présentation planaire sensiblement monocouche, tels que par exemple des fruits (discrimination par taux de sucre), et la discrimination peut être réalisée sur la base d'un composé chimique majoritaire ou minoritaire, ou d'une pluralité de composés chimiques.

[0005] De plus, ladite discrimination peut aboutir à une séparation du flux d'objets par tri catégoriel ou simplement à un comptage et à une caractérisation dudit flux.

[0006] Il existe déjà de nombreuses machines et de nombreux procédés du type précité, notamment pour trier les emballages selon leur matériau constitutif.

[0007] Cependant, ces machines connues présentent toutes des inconvénients assez sérieux et de notables limitations.

[0008] De ce fait, le tri des emballages ménagers est encore resté largement manuel à ce jour, en particulier dans les pays européens où le tri par matériau est demandé par les autorités responsables du recyclage, mais également dans les autres pays.

[0009] Une automatisation significative du tri s'est produite récemment en Allemagne, mais dans un contexte très particulier, au moins pour les plastiques. Les critères de tri ne concernent pas le matériau, mais la forme (films, corps creux, ou plastiques mélangés divers). Ces machines existantes trient ainsi une catégorie « plastiques mélangés » par rapport à des papiers/cartons, après un pré-tri aéroulique des films, et un pré-tri manuel des corps creux. On trouve aussi des machines de tri d'emballages composites, ou d'emballages métalliques.

[0010] Les machines existantes présentent de grandes différences en terme d'efficacité selon le type de préparation mécanique du flux d'objets à trier. On peut

distinguer trois solutions principales :

- individualisation complète avec un seul objet par réceptacle, sans saisie d'objet ;
- flux filaire, les objets étant alignés les uns derrière les autres ;
- flux planaire, les objets étant étalés en vrac sur un tapis nettement plus large que leur plus grande dimension, et répartis sur une seule couche.

[0011] Seule la dernière solution s'est révélée adaptée, des points de vue efficacité et productivité, à des produits aussi hétérogènes que les déchets, notamment ménagers. En effet :

- L'individualisation complète n'a jamais fait ses preuves industriellement. Les prototypes mis au point avec ce mode de présentation ont tous cessé de fonctionner depuis.
- Le flux filaire existait déjà dans les machines de sur-tri industrie dans lesquelles le flux principal était homogène, et le sur-tri consistait à retirer un faible pourcentage d'objets indésirables. Appliqués à un flux hétérogène d'emballages, des systèmes filaires ont fonctionné sur des flux particulièrement propres. Cependant, ces machines sont limitées en débit et nécessitent en amont de la machine la présence d'opérateurs manuels pour retirer les objets susceptibles de perturber le fonctionnement, notamment les grandes feuilles plastiques et les gros contenants. Ils ne constituent donc pas une solution satisfaisante d'automatisation du tri, et ont eu peu de succès.
- Au contraire, les flux plans ont fait leurs preuves, puisqu'il s'agit exactement de la présentation des objets que l'on rencontre en tri manuel. On sait donc la réaliser simplement dans un contexte de déchets ménagers, et les machines utilisant ce type de flux sont adaptées aux conditions de tri en vrac et connaissant un succès nettement supérieur aux deux autres types précités.

[0012] Dans ce qui suit, il ne sera donc discuté que du tri en flux planaire, qui permet d'aboutir aux machines les plus efficaces actuellement.

[0013] Le document EP-A-0 706 838, au nom de la demanderesse, présente une machine et un procédé de tri adapté à des objets à flux planaire. Cette machine utilise au moins un système de vision artificielle pour localiser les objets, ainsi que pour reconnaître leur forme et leur couleur, un bras robotisé pour saisir et manutentionner les objets, et au moins un capteur complémentaire pour reconnaître leur matériau constitutif. Ce capteur complémentaire est avantageusement un spectromètre à infrarouges.

[0014] Ce système présente l'avantage d'être par principe multimatériaux, puisque les principaux emballages sont triés par matériau, et/ou par couleur, et ils

sont répartis dans une pluralité de bacs appropriés. Une même machine peut ainsi trier jusqu'à huit catégories différentes. Par ailleurs, la préhension individuelle des objets garantit une excellente qualité de tri, typiquement un défaut pour 1000 objets triés.

[0015] Cependant, la cadence de tri de ce système est limitée par la préhension individuelle des objets triés et n'excède pas 60 à 100 kg/h par module de tri. La seule façon d'augmenter cette cadence est de cascader plusieurs modules de tri identiques, ce qui augmente l'encombrement total de la machine, ainsi que son prix de revient.

[0016] Le document US-A-5 260 576 présente une machine de tri planaire émettant par-dessus le flux des rayonnements électromagnétiques, reçus par transmission en dessous du flux d'objets. L'intensité de ces rayonnements permet de distinguer les matériaux selon leur opacité relative en transmission. Ainsi, lorsque les rayonnements sont des rayons X, ce document mentionne une séparation satisfaisante du PVC, qui contient un atome de chlore opaque aux rayons X, par rapport aux autres plastiques, qui n'en contiennent pas, notamment le PET. En fonction du résultat, une rangée de buses éjecte ou non vers le bas une des classes d'objets.

[0017] Cependant, ce principe de détection est trop sommaire pour les cas complexes : tous les objets présentent une certaine opacité, et on comprend bien que des épaisseurs multiples d'un matériau peu opaque (par exemple le PET - polyéthylène téréphtalate) ne peuvent être distinguées d'une épaisseur unique d'un matériau différent plus opaque (par exemple le PVC - polychlorure de vinyle). On risque alors d'éjecter d'un coup et par erreur tous ces objets peu opaques. De plus, ce système ne sait distinguer

[0018] que le PVC des autres plastiques : il est incapable d'identifier le PET du PEHD (polyéthylène haute densité), ou le PAN (polyacrylonitrile). Les machines existantes conformes à ce document ont des efficacités limitées et des rendements faibles (proportions d'objets voulus parmi les objets éjectés) : de 10 à 30 %. Enfin, un inconvénient notable du montage en transmission est qu'au moins un des deux éléments, le capteur ou l'émetteur, doit se trouver sous le flux. Il y a alors un risque de salissure ou de bouchage récurrent de l'élément inférieur, nécessitant des interventions répétées à des intervalles relativement courts.

[0019] Le document EP- A- 0 776 257 décrit une machine de tri planaire à haut débit, et susceptible de reconnaître un matériau parmi plusieurs. Le matériau à reconnaître est choisi au moment de la construction de la machine par une calibration adaptée, fixe.

[0020] Dans cette machine, un éclairage proche-infrarouge est émis par-dessus et le capteur est également placé au-dessus, de sorte qu'il analyse la lumière rétrodiffusée verticalement par les objets.

[0021] La réception se fait par l'intermédiaire d'un miroir plan ou concave en demi-cercle s'étendant sur toute la largeur du tapis, puis d'un miroir tournant polygonal.

Il y a donc balayage cyclique du point de mesure sur toute la largeur du tapis.

[0022] La lumière reçue du point de mesure est ensuite divisée par un montage de miroirs semi-réfléchissants en plusieurs flux. Chaque flux traverse un filtre interférentiel centré sur une longueur d'onde spécifique, puis aboutit à un détecteur. Chaque détecteur mesure donc la proportion de la lumière reçue contenue dans la bande passante du filtre. L'analyse des intensités relatives mesurées par les divers détecteurs permet de décider si le matériau présent au point de mesure est ou non celui que l'on recherche. Le nombre de filtres évoqué dans ce document est compris entre 3 et 6.

[0023] La présence d'un tel miroir de grande dimension constitue un point fragile de la structure d'ensemble, allonge la distance détection-éjection, augmente l'encombrement total du poste de détection et est susceptible d'entraîner des distorsions et d'introduire des inhomogénéités dans le flux lumineux récupéré pour analyse, aboutissant à des erreurs de détection.

[0024] Par ailleurs, dans une telle architecture, l'enjeu majeur est la vitesse de détection : il y a 25 à 50 zones de mesures par ligne, et il faut analyser 100 à 150 lignes par seconde compte tenu de la vitesse de circulation du flux. L'ordre de grandeur est donc de 5000 mesures/s. Une telle vitesse impose des contraintes importantes

- l'algorithme de détection doit être assez simple (donc peu d'opérations et traitement grossier) pour être effectué en temps réel ;
- l'électronique de réception doit être très rapide ;
- la quantité de lumière reçue doit être suffisante dans un temps très bref.

[0025] Or, l'algorithme de détection doit réaliser une reconstitution bidimensionnelle des objets à trier avant de procéder à leur éjection, ce qui suppose une distance relativement importante entre la zone de détection et la zone d'éjection, augmentant les risques d'éjection erronée du fait d'un mouvement des objets entre la détection et l'éjection.

[0026] Le problème précité de la quantité de lumière est critique, et explique pourquoi la machine selon ce document ne peut reconnaître qu'un matériau prédéfini :

- une reconnaissance multimatériaux imposerait d'utiliser non pas 3 à 6 plages de longueurs d'onde (ou PLO), mais au moins 8 à 16 ;
- de plus, les largeurs des PLO, relativement importantes dans l'exemple cité (32 à 114 nm), devraient être réduites dans une gamme de 5 à 20 nm, puisqu'un plus grand nombre de PLO doit être distingué dans la même largeur spectrale.

[0027] Les deux effets se cumulent : le plus grand nombre de PLO diviserait environ par 3 la quantité de lumière reçue par chaque filtre ; la largeur réduite de

chaque PLO signifie que chaque filtre laisserait passer une fraction environ 5 fois plus faible de la lumière reçue. Pour maintenir un même niveau de signal, la puissance d'éclairage nécessaire pour la machine passerait donc de 1 à $3 \times 5 = 15$ kW. Une telle puissance ne serait pas réaliste (prix, dépense énergétique, échauffement).

[0028] Le document WO 99/26734 présente une machine de tri planaire à haut débit, avec une architecture assez proche du document précédent, mais annonce une reconnaissance multimatériaux.

[0029] Pour aboutir à cela, ce document aborde différemment le problème de la quantité de lumière : il propose un système de vision en amont sur le convoyeur de la détection infrarouge, système tout à fait comparable à celui mentionné dans le document EP-A-0 706 838 précité. Ce système permet de localiser chaque objet présent, et permet, au niveau de la détection infrarouge, de piloter par un jeu de miroirs asservi en position un point de mesure unique qui suit l'objet en défilement. Le temps d'analyse disponible devient relativement long, de l'ordre de 3 à 10 ms, puisqu'on analyse un seul point par objet. La mise en oeuvre, quoique non précisée, peut alors faire appel à une technologie connue compatible avec ce temps d'analyse. On peut par exemple employer un spectromètre avec une barrette de photodétecteurs (typiquement 256 éléments, chacun correspondant à une longueur d'onde), avec une résolution de 4 à 6 nm par détecteur.

[0030] Cependant, cette solution présente également plusieurs inconvénients :

- elle nécessite un matériel supplémentaire, à savoir un système de vision ;
- elle impose le choix par vision du point de mesure spectrométrique sur l'objet, ce qui peut être délicat en présence d'étiquettes ou de salissures ;
- elle suppose l'immobilité de l'objet sur le tapis : les deux détections s'effectuant sur des zones d'environ 1 m x 1 m, l'objet se déplace de 1 m au moins entre sa détection par vision et sa détection par spectrométrie, puis de 0,5 m en moyenne entre sa détection par spectrométrie et son éjection finale. Or, l'immobilité n'est pas du tout assurée lorsque le convoyeur avance à 2,5 m/s, surtout lorsque les objets sont des bouteilles susceptibles de rouler.

[0031] La machine décrite dans ce document est certes plus flexible, mais plus chère et nettement moins efficace que la précédente.

[0032] Enfin, le document DE-A-1 96 09 916 décrit un spectromètre miniaturisé pour une machine de tri de plastiques planaire, fonctionnant avec un réseau de diffraction pour étaler le spectre infrarouge sur une bande de sortie, et un petit nombre de capteurs correspondant à des longueurs d'onde irrégulièrement réparties dans cette bande de sortie. Il est indiqué dans ce document que l'on peut se contenter de dix capteurs bien choisis, au lieu des 256 capteurs d'une barrette de photodiodes

classique. Cependant, chacun de ces dix capteurs a une surface équivalente à chaque capteur d'une barrette, soit typiquement un rectangle de $30 \times 250 \mu\text{m}^2$. Une telle surface récolte peu de lumière et limite la cadence d'analyse à 200 mesures / seconde. Un tel spectromètre ne peut donc pas analyser tous les points d'un convoyeur rapide avec les vitesses et résolutions évoquées plus haut.

[0033] Ce dernier document propose donc pour analyser un flux planaire de réaliser une ligne de micro-spectromètres identiques parallèles. D'après l'inventeur, le coût d'un spectromètre serait minimisé par les techniques de fabrication des micro-systèmes, mais la résolution nécessaire impose 25 à 50 spectromètres sur la ligne pour couvrir la largeur du tapis du convoyeur : le coût total, de même que les contraintes de maintenance, sont alors très élevés. D'ailleurs, peu de détails sont fournis dans ce document sur la réalisation d'une telle machine et aucune machine de ce type ne semble être en fonctionnement actuellement.

[0034] En plus des inconvénients et limitations propres à chacun des dispositifs et procédés évoqués ci-dessus, il y a lieu de mentionner également un inconvénient majeur, commun à tous ces dispositifs et procédés, à savoir leur incapacité à traiter de manière fiable des objets présentant une hauteur significative, par exemple de l'ordre de 10 à 30 cm, soit du fait d'une intensité de rayonnement appliquée insuffisante à cette distance du plan de convoyage P_c des objets défilants, soit du fait d'une inadaptation de la récupération des rayonnements à analyser, ou encore pour les deux raisons précitées.

[0035] Ainsi, le principal but de la présente invention est de proposer une machine et un procédé d'inspection, et le cas échéant de tri, fonctionnant à haut débit et pour des flux d'objets sensiblement monocouche, cette machine et ce procédé étant capables de discriminer de manière fiable des objets ayant des hauteurs significatives, tout en faisant état d'une construction et d'une mise en oeuvre qui demeurent simples et économiques.

[0036] De plus, l'invention devra s'affranchir d'un système de vision indépendant pour localiser les objets, minimiser le nombre de capteurs nécessaires, conserver une bonne fiabilité, notamment en cas de tri, lorsque les objets bougent par rapport au support qui les transporte et présenter une efficacité optimisée d'exploitation du rayonnement émis.

[0037] A cet effet, elle a pour objet une machine d'inspection automatique d'objets défilant de manière sensiblement monocouche sur un plan de convoyage d'un convoyeur, permettant de discriminer ces objets selon leur composition chimique, cette machine comprenant au moins un poste de détection à travers ou sous lequel passe le flux d'objets, ce poste de détection comportant notamment :

- des moyens d'application de rayonnements électromagnétiques en direction du plan de convoyage,

émettant lesdits rayonnements de manière à définir un plan d'éclairage, l'intersection dudit plan d'éclairage et dudit plan de convoyage définissant une ligne de détection s'étendant transversalement au sens de défilement des objets pour la largeur du flux convoyé,

- un dispositif de réception permettant de balayer périodiquement tout point de ladite ligne de détection, et recevant à tout instant les rayonnements réfléchis par une zone de mesure élémentaire située au voisinage du point balayé à cet instant, le plan défini par ladite ligne de détection et le centre optique d'entrée dudit dispositif étant appelé plan de balayage,
- des moyens de transmission à au moins un dispositif d'analyse desdits rayonnements réfléchis au niveau de la zone de mesure élémentaire balayante,

machine caractérisée en ce que les rayonnements émis sont concentrés au voisinage du plan d'éclairage et en ce que ledit plan d'éclairage et le plan de balayage sont confondus, ce plan commun étant incliné par rapport à la perpendiculaire au plan de convoyage.

[0038] Ces dispositions permettent d'obtenir une application de rayonnements maximale dans la zone exploitée pour l'acquisition, ainsi qu'une correspondance systématique de la zone éclairée et de la zone analysée, ce quelle que soit la hauteur des objets dans une plage de hauteurs définie par les dimensions de la machine et la sensibilité des moyens d'acquisition et d'analyse.

[0039] Ainsi, la superposition des plans d'éclairage et de balayage (détection) confère une bonne profondeur de champ et leur inclinaison par rapport au plan des objets analysés permet d'éliminer efficacement la lumière parasite que constitue la réflexion spéculaire.

[0040] Conformément à un mode de réalisation préféré de l'invention, le dispositif de réception comprend un organe réfléchissant mobile portant le centre optique d'entrée, recevant directement les rayonnements réfléchis au niveau de la zone de mesure élémentaire balayante et présentant des dimensions sensiblement du même ordre de grandeur que les dimensions de ladite zone de mesure élémentaire dont il assure le déplacement, préférentiellement légèrement supérieures.

[0041] Avantagusement, les moyens d'application consistent en des moyens d'éclairage large spectre, les rayonnements appliqués consistant en un mélange de rayonnements électromagnétiques du domaine visible et du domaine de l'infrarouge, et lesdits moyens d'éclairage comportent des organes concentrant les rayonnements émis, au niveau du plan de convoyage, sur une bande transversale de détection balayée périodiquement par la zone de mesure élémentaire et dont l'axe médian longitudinal correspond à la ligne de détection.

[0042] L'utilisation d'un éclairage à large spectre, par exemple du type halogène et de longueurs d'onde comprises entre 1 000 et 2 000 nm (pour chaque point

d'émission), permet l'analyse chimique des objets disposés sur le convoyeur.

[0043] En vue d'homogénéiser l'éclairage de la zone de détection, les moyens d'application de rayonnements sont préférentiellement constitués par deux unités d'application espacées entre elles et disposées selon un alignement transversal par rapport au sens ou à la direction de défilement des objets, chaque unité comprenant un organe d'émission allongé associé à un organe sous forme de réflecteur profilé à section elliptique.

[0044] Selon une caractéristique de l'invention, chaque organe d'émission allongé est sensiblement positionné au niveau du foyer proche du réflecteur elliptique qui lui est associé, les moyens d'application de rayonnements étant positionnés et les réflecteurs étant conformés et dimensionnés de telle manière que le second foyer éloigné est situé à une distance du plan de convoyage correspondant sensiblement à la hauteur moyenne des objets à trier.

[0045] On peut ainsi réaliser une focalisation de cet éclairage sur une large plage de profondeurs (typiquement environ 200 mm).

[0046] Afin d'augmenter, le cas échéant, davantage encore l'intensité lumineuse au niveau de la zone de détection, en particulier à proximité de ses parties extrêmes, il peut être prévu que des parois de réflexion des rayonnements émis par les moyens d'application soient disposés le long des bords latéraux du convoyeur (par exemple tapis ou bande transporteuse), notamment au niveau des extrémités de la bande de détection en s'étendant, horizontalement et verticalement, sensiblement jusqu'à hauteur desdits moyens d'application de rayonnement(s).

[0047] Conformément à une variante de réalisation préférée de l'invention, le dispositif de réception se présente sous la forme d'une tête de réception située à distance au-dessus du plan de convoyage et portant, d'une part, un organe réfléchissant mobile sous la forme d'un miroir plan (dont le centre géométrique est avantageusement sensiblement confondu avec le centre optique d'entrée), disposé de manière sensiblement centrale par rapport au plan de convoyage du convoyeur et oscillant par pivotement avec une amplitude suffisante pour que la zone de mesure élémentaire mobile puisse explorer la totalité de la bande de détection pendant une demi-oscillation et, d'autre part, un moyen de focalisation, par exemple sous forme de lentille, de la fraction de rayonnement(s) réfléchi(e) par une partie élémentaire de la bande de détection et transmise par le miroir oscillant en direction dudit moyen, ladite tête portant également l'extrémité présentant l'ouverture d'entrée des moyens de transmission de ladite fraction de rayonnement(s), après focalisation par le moyen, vers au moins un dispositif d'analyse spectrale.

[0048] La zone de mesure élémentaire mobile, qui balaye de manière progressive la totalité de la surface du support de convoyage en défilement, est définie, en

combinaison, par les caractéristiques de l'ouverture d'entrée des moyens de transmission et les caractéristiques du moyen de focalisation, ainsi que par leur disposition relative, le moyen de focalisation et les moyens de transmission consécutifs étant situés en dehors du champ d'exploration du miroir oscillant (défini par son centre optique ou géométrique), situé dans le plan de balayage, l'axe d'alignement miroir/moyen de focalisation /ouverture d'entrée étant situé dans ledit plan contenant ledit champ.

[0049] La fraction de surface de détection ou de mesure réfléchi par le miroir oscillant sera avantageusement au moins légèrement supérieure en superficie à la zone de mesure élémentaire, centrée par rapport à cette dernière et de même forme ou non.

[0050] En vue d'aboutir à une structure compacte, il peut être avantageusement prévu que le miroir plan oscillant formant l'organe réfléchissant mobile soit situé entre les deux unités formant les moyens d'application de rayonnements et dans une disposition relative telle que lesdites unités n'interfèrent pas avec le champ d'exploration dudit miroir.

[0051] Comme indiqué précédemment, le plan de balayage contenant ledit champ d'exploration et le plan contenant les foyers des réflecteurs elliptiques sont confondus et cette coïncidence des zones éclairée et analysée autorise une prise en compte optimale des objets présentant des hauteurs significatives.

[0052] Le miroir sera préférentiellement situé à une distance plus grande du plan de convoyage que les unités des moyens d'application, sous forme de lampes halogènes par exemple. Toutefois, il peut également être disposé à la même hauteur ou même plus proche de ce plan que lesdites unités, sans que l'efficacité du poste de détection n'en soit influencée.

[0053] Conformément à une caractéristique de l'invention, les moyens de transmission consistent préférentiellement en un faisceau de fibres optiques 10" dont la totalité ou une majorité est reliée à un dispositif d'analyse décomposant le rayonnement réfléchi en ses différentes composantes spectrales et déterminant les intensités de certaines desdites composantes ayant des longueurs d'onde caractéristiques des matières des objets à trier, et dont une minorité peut être avantageusement reliée à un dispositif d'analyse détectant les intensités respectives des trois couleurs fondamentales, lesdites fibres optiques présentant au niveau de l'ouverture d'entrée un arrangement carré ou rectangulaire en section.

[0054] Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, un premier dispositif d'analyse est constitué, d'une part, par un spectromètre à réseau de diffraction décomposant le flux lumineux multispectral reçu de la zone de mesure élémentaire en ses différentes composantes spectrales constitutives, notamment dans le domaine de l'infrarouge, d'autre part, par des moyens de récupération et de transmission des flux lumineux élémentaires correspondant à différentes plages spec-

trales irrégulièrement espacées caractérisant les substances et composés chimiques des objets à discriminer, par exemple sous la forme de faisceaux de fibres optiques séparés, et, enfin, par des moyens de conversion photoélectrique délivrant un signal analogique pour chacun desdits flux lumineux élémentaires.

[0055] Le flux lumineux multispectral provenant de la zone de mesure élémentaire est introduit dans le spectromètre au niveau d'une fente d'entrée et les flux lumineux élémentaires sont récupérés au niveau de fentes de sortie présentant une forme et des dimensions identiques à celles de la fente d'entrée et positionnées en fonction du facteur de dispersion et des plages spectrales à récupérer, les portions d'extrémité de sortie des fibres de la composante majoritaire du faisceau de fibres formant les moyens de transmission et les portions d'extrémité d'entrée des fibres optiques des moyens de récupération et de transmission présentant des arrangements linéaires identiques et étant montés respectivement dans la fente d'entrée et les fentes de sortie.

[0056] En vue de faciliter la manipulation et l'installation des moyens de récupération et de transmission, sans risquer une détérioration de ces derniers, les portions d'extrémité d'entrée des fibres optiques des faisceaux formant les moyens de récupération et de transmission sont montées dans des plaquettes minces pourvues de renforcements de réception adaptés, préférentiellement associées à des contre-plaquettes de maintien et de blocage, de manière à former des supports de montage et de positionnement desdites fibres optiques dans le corps du spectromètre.

[0057] Préférentiellement, le corps du spectromètre comporte une structure rigide de réception et de maintien avec blocage desdits supports, autorisant leur mise en place par coulissement et leur installation par empilement, avec éventuellement intercalage de cales ajustées, de manière à positionner lesdits supports aux emplacements correspondant aux zones d'impact des flux lumineux élémentaires à relever.

[0058] Un tel arrangement autorise une adaptation rapide, aisée et précise de la machine d'inspection pour détecter des groupes de matériaux différents, caractérisés par des groupes de plages de longueurs d'onde spécifiques différentes, en fonction du type d'objets et de la sélectivité à opérer.

[0059] Le premier dispositif d'analyse spectrale est par conséquent principalement constitué d'un moyen permettant de répartir la lumière sans pertes significatives selon ses longueurs d'onde constitutives, ainsi que d'un petit nombre de détecteurs (10 à 20) sous forme de moyens de conversion photoélectrique à surface unitaire élevée, chacun de ces détecteurs étant spécifique d'une plage de longueurs d'onde (PLO), ces PLO étant convenablement choisies pour une identification robuste et simultanée de plusieurs substances ou composés chimiques, correspondant par exemple à plusieurs matériaux.

[0060] En outre, un second dispositif d'analyse réali-

sant la reconnaissance de la couleur des objets est associé au dispositif précédent en prélevant une faible partie du flux lumineux du faisceau de fibres pour l'acheminer vers trois capteurs sensibles chacun à une des couleurs fondamentales, c'est à dire Rouge, Vert, ou Bleu.

[0061] Pour coordonner et piloter les différents dispositifs, organes et composants de la machine, cette dernière comprend également une unité de traitement et de gestion de fonctionnement du poste de détection, telle qu'un ordinateur commandant notamment le mouvement de l'organe réfléchissant mobile et éventuellement du convoyeur, séquençant l'acquisition des rayonnements réfléchis au niveau de la zone de mesure élémentaire mobile et traitant et évaluant les signaux délivrés par les dispositifs d'analyse, par exemple par comparaison avec des données programmées, en vue de la détermination de la composition chimique de chacun des objets inspectés ou de la présence d'une substance chimique dans lesdits objets, tout en corrélant les résultats de ladite détermination avec une détermination de la localisation spatiale desdits objets.

[0062] Conformément à une variante de réalisation particulièrement préférée de l'invention, la bande de détection se présente sous la forme d'une surface rectangulaire allongée de faible largeur s'étendant perpendiculairement à l'axe médian et transversalement sur toute la largeur du plan de convoyage du convoyeur, par exemple sous forme de tapis ou de bande dont la surface supérieure est confondue avec ledit plan de convoyage.

[0063] Ainsi, dans le cadre d'une application de tri d'objets et pour un convoyeur sous la forme d'une bande défilant à environ 2,5 m/s, la distance détection-discrimination peut être limitée à environ 100 mm, ce qui minimise la probabilité qu'un objet non stabilisé sur le tapis se déplace avant sa discrimination, se traduisant par exemple par son évacuation.

[0064] L'invention concerne aussi une machine de tri automatique d'objets selon leur composition chimique, ces objets défilant de manière sensiblement monocouche sur un convoyeur, cette machine de tri comportant un poste de détection amont couplé fonctionnellement à un poste aval de séparation active desdits objets en fonction des résultats des mesures et/ou analyses effectuées par ledit poste de détection, caractérisée en ce que le poste de détection est un poste de détection tel que décrit ci-dessus.

[0065] Avantageusement, le poste de détection, ou son unité de traitement et de gestion du fonctionnement, délivre des signaux d'actionnement à un module de pilotage des moyens d'éjection, en alignement transversal, du poste de séparation active en fonction des résultats desdites analyses, une salve de signaux d'actionnement étant émise après chaque exploration complète d'une bande de détection transversale par la zone de mesure élémentaire mobile.

[0066] De manière préférentielle, et afin d'éviter au

maximum les erreurs de tri dues à un déplacement des objets par rapport au convoyeur entre la détection et l'éjection, la ligne de détection est située à proximité immédiate (par exemple à moins de 30 cm) des moyens d'éjection, par exemple par soulèvement, sous la forme d'une rangée de buses délivrant des jets de gaz, préférentiellement d'air.

[0067] La présente invention a également pour objet un procédé d'inspection automatique d'objets défilant de manière sensiblement monocouche sur un plan de convoyage ou surface d'un convoyeur, ledit procédé permettant de discriminer ces objets selon leur composition chimique, et consistant à :

- faire passer le flux d'objets à inspecter à travers ou sous au moins un poste de détection,
- à émettre des rayonnements électromagnétiques vers le plan de convoyage par l'intermédiaire de moyens d'application correspondant, de manière à définir un plan d'éclairage, l'intersection dudit plan d'éclairage et dudit plan de convoyage définissent une ligne de détection s'étendant transversalement au sens de défilement des objets,
- à balayer périodiquement tout point de ladite ligne de détection par l'intermédiaire d'un dispositif de réception recevant à tout instant les rayonnements réfléchis par une zone de mesure élémentaire située au voisinage du point balayé à cet instant, le plan défini par ladite ligne de détection et le centre optique d'entrée dudit dispositif étant appelé plan de balayage,
- à transmettre lesdits rayonnements réfléchis au niveau de la zone de mesure élémentaire balayante à au moins un dispositif d'analyse par l'intermédiaire de moyens de transmission adaptés,

procédé caractérisé en ce que les rayonnements émis sont concentrés au voisinage du plan d'éclairage et en ce que ledit plan d'éclairage et le plan de balayage sont confondus, ce plan commun étant incliné par rapport à la perpendiculaire au plan de convoyage.

[0068] Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, ledit procédé consiste notamment à concentrer les rayonnements, préférentiellement du domaine visible et infrarouge, au niveau du plan de convoyage sur une bande transversale de détection balayée périodiquement par la zone de mesure élémentaire et dont l'axe médian longitudinal correspond à la ligne de détection, de manière à obtenir une intensité de rayonnement élevée et sensiblement homogène sur toute la surface de ladite bande de détection.

[0069] Plus précisément, ledit procédé peut consister à balayer séquentiellement la bande de détection avec la zone mesure élémentaire mobile par oscillation pivotante d'un miroir plan formant l'organe réfléchissant, à focaliser le flux lumineux provenant de la zone de mesure élémentaire sur l'ouverture d'entrée des moyens de transmission sous forme d'un faisceau de fibres op-

tiques, à amener la majorité du flux lumineux multispectral capté vers la fente d'entrée d'un spectromètre faisant partie d'un premier moyen d'analyse, à décomposer ce flux lumineux en ses différentes composantes spectrales élémentaires, à récupérer les flux lumineux de certaines de ces composantes correspondant à des plages de longueurs d'ondes étroites spécifiques au niveau de fentes de sortie et à les transmettre par l'intermédiaire de moyens adaptés à des moyens de conversion photoélectrique pour fournir des premiers signaux de mesure, à amener, le cas échéant, simultanément une faible partie du flux lumineux multispectral capté vers un second moyen d'analyse déterminant les intensités respectives des trois couleurs fondamentales et fournissant des seconds signaux de mesure, à traiter lesdits premiers et éventuels seconds signaux de mesure, au niveau d'une unité de traitement et de gestion informatique commandant notamment le mouvement de l'organe réfléchissant mobile, séquençant l'acquisition des rayonnements réfléchis au niveau de la zone de mesure élémentaire mobile et traitant et évaluant les signaux délivrés par les dispositifs d'analyse, par comparaison avec des données programmées, en vue de la détermination de la composition chimique de chacun des objets inspectés ou de la présence d'une substance chimique dans lesdits objets.

[0070] Lorsque le procédé d'inspection est mis en oeuvre en relation avec une machine de tri telle que décrite ci-dessus, il peut en outre consister à faire délivrer par l'unité de traitement et de gestion, en fonction des résultats du traitement des signaux de mesure, des signaux d'actionnement à un module de pilotage de moyens d'éjection d'un poste de séparation situé en aval du poste de détection par rapport au flux d'objets, et, enfin, à éjecter ou à ne pas éjecter chacun des différents objets défilant sur le plan support de convoyage du convoyeur en fonction des signaux d'actionnement délivrés.

[0071] Conformément à une caractéristique supplémentaire préférentielle de l'invention, une salve de signaux d'actionnement est émise après achèvement de chaque balayage de la bande de détection et traitement des signaux de mesure correspondants, le cas échéant avec prise en compte des signaux de mesure du balayage précédent.

[0072] La présente invention sera mieux comprise grâce à la description ci-après, qui se rapporte à un mode de réalisation préféré, donné à titre d'exemple non limitatif, et expliqué avec référence aux dessins schématiques annexés, dans lesquels :

la figure 1A est une représentation schématique d'une machine d'inspection automatique selon l'invention ;

la figure 1B est une représentation schématique partielle d'une machine automatique de tri selon l'invention, équipée notamment d'un poste de détection amont et d'un poste de séparation aval ;

la figure 2 est une vue schématique en élévation latérale montrant l'inclinaison des moyens d'éclairage et du moyen réfléchissant de la tête de réception faisant partie du poste de détection ;

la figure 3 est une vue partielle par transparence, selon une direction opposée à la direction de défilement du moyen de convoyage d'une partie des machines représentées sur les figures 1 ;

la figure 4A représente schématiquement les organes fonctionnels de la tête de réception faisant partie de la machine selon l'invention, ainsi que l'amplitude des oscillations de l'organe réfléchissant et le balayage résultant au niveau de la zone de détection ;

les figures 4B à 4D représentent trois positions de la zone de mesure élémentaire mobile au cours d'un balayage de la zone de détection ;

les figures 5 et 6 sont des représentations partiellement schématiques et partiellement constructives des moyens de récupération et de transmission et des dispositifs d'analyse ;

la figure 7 est une vue partielle en élévation frontale des portions d'extrémité d'entrée des moyens de récupération et de transmission montées dans les fentes de sortie du spectromètre faisant partie du premier dispositif d'analyse, et,

la figure 8 est une vue de détail d'un montage particulier de deux portions d'extrémité d'entrée adjacentes des moyens de récupération et de transmission.

[0073] Comme le montrent les figures des dessins annexés, et plus particulièrement les figures 1 à 4, la machine d'inspection automatique d'objets 2 comprend au moins un poste de détection 4 à travers ou sous lequel passe le flux d'objets 2, ce poste de détection 4 comportant notamment :

- des moyens 6 d'application de rayonnements électromagnétiques en direction du plan de convoyage Pc du convoyeur 3, émettant lesdits rayonnements de manière à définir un plan d'éclairage Pe, l'intersection dudit plan d'éclairage Pe et dudit plan de convoyage Pc définissant une ligne de détection 7 s'étendant transversalement au sens de défilement des objets 2,
- un dispositif 8 de réception permettant de balayer périodiquement tout point de ladite ligne de détection 7, et recevant à tout instant les rayonnements réfléchis par une zone de mesure élémentaire 12 située au voisinage du point balayé à cet instant, le plan défini par ladite ligne de détection 7 et le centre optique d'entrée 8" dudit dispositif 8 étant appelé plan de balayage Pb,
- des moyens 10 de transmission à au moins un dispositif d'analyse 11, 11' desdits rayonnements réfléchis au niveau de la zone de mesure élémentaire balayante 12.

[0074] Conformément à l'invention, les rayonnements émis sont concentrés au voisinage du plan d'éclairage Pe et ledit plan d'éclairage Pe et le plan de balayage Pb sont confondus, ce plan commun Pe, Pb étant incliné par rapport à la perpendiculaire D au plan de convoyage Pc. Cette dernière disposition permet notamment de s'affranchir de la réflexion spéculaire.

[0075] Par transversal, en relation avec la ligne de détection 7, on entend une extension sur toute la largeur du plan de convoyage Pe défini par le convoyeur 3 ce, préférentiellement mais non limitativement, de manière rectiligne et perpendiculairement à la direction de défilement des objets 2.

[0076] Le plan de convoyage Pc correspondra pour un support de convoyage plan à la surface de ce dernier et pour des supports non plan, tels que des godets montés sur des chaînes (pour un transport individualisé, par exemple pour des fruits), à un plan médian caractérisant le défilement desdits objets.

[0077] On comprendra que la description ci-après correspond à un mode de réalisation pratique, mais non limitatif, d'une machine de tri renfermant une machine d'inspection selon l'invention et explicité en relation avec les figures 1 à 8 annexées.

[0078] On comprendra également que le poste de détection 4 est identique pour ces deux machines, la machine de tri comportant en plus un poste 5 de séparation.

[0079] La figure 1 présente la structure générale de la machine 1 de tri automatique par composition chimique ou matière. Les objets 2 arrivent en défilement rapide (2 à 3 m/s) sur un moyen de convoyage ou convoyeur 3 de sorte qu'ils soient sensiblement étalés sur une seule couche. La surface du convoyeur 3 est sombre, et son matériau constitutif (en général du caoutchouc noir mat) est choisi différent des matériaux ou composés chimiques à reconnaître.

[0080] Ces objets 2 passent à travers une région de détection définie au niveau d'un poste de détection 4. Cette région est sensiblement délimitée par des moyens d'éclairage 6 à spectre large (visible et infrarouge), qui concentrent par l'intermédiaire de réflecteurs 6' le flux lumineux, pour éclairer fortement une zone 7' en forme de bande étroite de détection effective, dont la largeur est de 25 à 40 mm.

[0081] La zone 7' est analysée à grande cadence au moyen d'un miroir oscillant 8', piloté par un ordinateur 23, et qui dirige cycliquement la mesure vers chacun des zones élémentaires constitutives 12' de la zone 7'. Un cycle de balayage complet de la zone 7' prend environ 8 ms. Pendant ce temps, le convoyeur 3 a avancé d'une distance sensiblement égale à la largeur de ladite zone 7', de sorte qu'il n'y a pas de « trou » de détection : tout point du convoyeur 3, ou du plan de convoyage Pc défilant, est analysé.

[0082] La lumière recueillie par le miroir 8' est focalisée par une lentille formant un moyen de focalisation 9, sur l'ouverture d'entrée 10' d'un faisceau 10 de fibres optiques 10". Le faisceau 10 est subdivisé en deux

parties : la première amène la majorité du flux lumineux à un spectromètre 14, faisant partie d'un premier dispositif d'analyse 11 et subdivisant cette partie de flux suivant ses longueurs d'onde constitutives dans le domaine infrarouge proche (NIR). Un petit nombre n de PLO (Plages de Longueurs d'Onde) convenablement choisies est envoyé à un module renfermant des moyens de conversion 16 sous forme de photodiodes NIR de surface unitaire élevée, et un étage d'amplification. Ce module convertit les signaux lumineux en autant de signaux électriques analogiques, lesquels sont ensuite analysés par l'ordinateur 23.

[0083] La deuxième partie du faisceau 10 est amenée à un second dispositif d'analyse 11' correspondant à un module de détection couleur. Ce module permet d'isoler les composantes Rouge, Verte et Bleue par filtrage, puis de convertir les signaux lumineux en signaux électriques et de les amplifier. Après conversion, les signaux de sortie sont également analysés par l'ordinateur 23.

[0084] Ce dernier permet de combiner toutes les informations précédentes pour définir des catégories d'objets à éjecter ou non, et pilote alors le poste de séparation 5 et chacun des moyens d'éjection 5' sous forme de buses en rangée, au moyen d'un module de pilotage 24.

[0085] Les objets soufflés 2' aboutissent dans un réceptacle 25, alors que les objets non soufflés 2" tombent directement avant ce même réceptacle. Bien entendu, cet agencement n'est pas la seule solution : les buses 5', pourraient aussi bien être placées au-dessus du convoyeur 3, et souffler alors les objets 2' à séparer vers le bas. Cette deuxième configuration a des avantages dans certaines applications.

[0086] Un premier avantage déterminant de la machine 1 est que le dispositif de réception de lumière réfléchie (ensemble miroir 8' et lentille 9) ne s'étend pas physiquement sur toute la largeur du plan de convoyage Pc correspondant par exemple à la surface d'un tapis d'un convoyeur 3, mais est unique et implanté seulement au centre de la ligne médiane du convoyeur 3. On évite ainsi des inhomogénéités entre différents points de réception qui nuiraient à l'uniformité du signal à travers la zone de détection 7'.

[0087] Un deuxième avantage déterminant de la géométrie de la machine 1 est que la zone de détection est placée au plus près de la rangée de buses d'éjection 5'. La distance détection-éjection d peut être limitée, avec des moyens informatiques adaptés, à environ 100 mm, ce qui minimise la probabilité qu'un objet non stabilisé sur le tapis se déplace avant son éjection. Elle n'est limitée que par le temps de traitement logiciel, lequel est très rapide puisqu'il porte sur les informations d'une seule ligne de mesures, voire deux lignes contiguës seulement. Cette distance est nettement plus faible que celle existant dans les machines à flux planaire connues décrites précédemment.

[0088] L'homme du métier notera qu'une distance d aussi faible ne permet pas une analyse bidimensionnel-

le de chaque objet avant décision : pour un objet allongé, comme une bouteille de 300 mm de long, la décision d'actionner les buses 5' sur l'avant de l'objet doit être prise avant que l'arrière du même objet ne soit complètement analysé. Toutefois, cette limitation ne perturbe pas de façon significative la détection ou l'éjection.

[0089] En se tournant en particulier vers les figures 1, 2 et 3 des dessins annexés, on procèdera à présent à une description plus détaillée des moyens d'éclairage.

[0090] Le but recherché est d'amener un maximum de lumière sur la zone de détection 7' avec la contrainte d'éloigner suffisamment les lampes des objets 2 en circulation pour permettre une circulation de ces objets sans interférence. On vise environ 50 cm entre lampes et tapis. On évalue la quantité de lumière sommairement en W électriques / cm², sachant qu'on se réfère à une lampe halogène de température de couleur 3400 K.

[0091] Parmi les diverses technologies d'éclairage possibles, on a retenu un jeu de lampes halogènes fixes, solution à la fois la plus simple et la plus répandue. Cependant, la mise en oeuvre classique utilise des spots industriels qui dispersent beaucoup la lumière.

[0092] Or, l'utilisation de tels spots du commerce, même à faible ouverture angulaire nécessite beaucoup de lampes individuelles et aboutit à une faible densité d'éclairage.

[0093] Pour pallier les inconvénients liés à ces moyens connus, les inventeurs ont développé un éclairage fondé sur des tubes halogènes fins 6' comme organes d'émission, alignées à la même hauteur au-dessus du tapis 3 et associées à des réflecteurs elliptiques 6'. Un tel réflecteur 6' permet, si on place le tube halogène 6" en un de ses foyers F, de focaliser parfaitement la lumière sur l'autre foyer F'. Pour obtenir des dimensions compatibles avec la machine 1 dans sa réalisation pratique, l'ellipse doit avoir les paramètres suivants :

- demi-grand axe a = 300 à 400 mm
- excentricités e d'environ 85 à 92 %.

[0094] La fabrication des réflecteurs 6' doit être très précise pour un bon fonctionnement, mais elle est plus facile que celle de réflecteurs classiques à symétrie circulaire, comme les miroirs paraboliques. Ici, on a une surface développable, que l'on peut réaliser par pliage.

[0095] Préférentiellement, le montage est réalisé de telle manière que F' est placé à quelques centimètres au-dessus du tapis convoyeur 3, à une hauteur (H) correspondant à l'épaisseur moyenne des objets en défilement (H = 25 à 50 mm).

[0096] Avec une réalisation des moyens d'éclairage 6 telle que mentionnée ci-dessus, les inventeurs ont déterminé que la meilleure répartition d'intensité est obtenue en utilisant seulement deux réflecteurs 6' assez longs, séparés par un vide comme indiqué sur la figure 3. De plus, pour éviter les pertes de lumière aux extrémités du tapis 3, on ajoute si nécessaire des réflecteurs plans verticaux ou parois de réflexion 13 et 13' sur ces

extrémités. Ces dernières renvoient la lumière vers le tapis.

[0097] On obtient ainsi une implantation simple, avec un petit nombre de lampes, de surcroît peu coûteuses, et on concentre la totalité de la lumière sur une bande étroite à analyser : 800 mm x 40 mm, renfermant la zone de détection 7' et centrée sur cette dernière.

[0098] Avec deux organes de 1000 W électriques, la densité moyenne obtenue est de $2 \times 1000 / (80 \times 4) \approx 6 \text{ W/cm}^2$, soit environ 60 fois plus que le soleil en plein jour. Une telle concentration n'est compatible qu'avec un tapis 3 en mouvement rapide pour éviter de le brûler. Des sécurités électriques sont prévues pour couper automatiquement l'éclairage en cas d'arrêt dudit tapis.

[0099] En se référant à présent aux figures 1, 2 et 4 des dessins annexés, on décrira ci-après de manière plus détaillée les moyens de réception et de transmission 8, 9, 10 de la lumière réfléchie au niveau de la zone de détection 7'.

[0100] Le but recherché est d'analyser environ 40 à 80 surfaces élémentaires à l'intérieur de la zone 7' au moyen d'une zone élémentaire de mesure 12 mobile. Ces surfaces élémentaires 12' ont une forme rectangulaire, avec des dimensions de 10 x 20 mm à 20 x 20 mm. Dans la suite de ce document, on appelle une telle surface élémentaire 12' un « pixel », la totalité desdits pixels correspondant à la zone de détection 7'.

[0101] Pour minimiser le nombre de capteurs nécessaires, les inventeurs ont choisi un montage mobile qui balaye séquentiellement tous les pixels. Un seul capteur permet alors toutes les mesures, à condition que la mesure soit effectuée très vite.

[0102] La solution préférée est un miroir oscillant 8' de 30 mm de diamètre, monté dans une tête de détection 8 et qui oscille avec une amplitude angulaire c entre les positions représentées sur la figure 4A. En fonction de l'angle instantané delta (figure 4C), il renvoie la lumière d'un pixel 12' vers la lentille fixe 9 qui la focalise dans un faisceau 10 de fibres optiques 10", le pixel 12' a été représenté comme ponctuel pour la lisibilité des figures 4.

[0103] Le nombre de mesures par seconde est obtenu en fonction de la vitesse de défilement du tapis 3 et de la taille de pixel choisie. Ainsi, à titre d'exemple, avec un pixel de 20 mm x 20 mm, il y a 40 mesures par ligne pour une largeur de 800 mm. Avec une vitesse de défilement de 2,5 m/s, il y a 125 lignes de 20 mm de largeur par seconde : on trouve donc $125 \times 40 = 5000$ mesures / seconde. De plus, pour des raisons géométriques, on ne peut exploiter qu'une demi-alternance d'oscillation. La durée d'une mesure individuelle doit donc être $1 / (5000 \times 2) = 10^{-4} \text{ sec} = 100 \mu\text{s}$.

[0104] Compte tenu de ce balayage, des angles de retour de lumière non verticaux sont acceptés. Il faut choisir une hauteur du miroir 8' suffisamment importante pour limiter l'angle b du champ d'exploration C à une valeur légèrement inférieure à 60°. Par expérience, les défauts géométriques de visée restent acceptables

pour ces angles. Comme toute variation d'angle α d'un miroir tournant se traduit par une variation de $2.\alpha$ de la position du faisceau réfléchi, le miroir plan peut alors osciller sur un angle moitié, soit 30° en tout.

[0105] La lentille 9 est disposée le plus possible sous le miroir 8', sans interférer avec le champ d'exploration C (angle b). Elle ne doit pas non plus être trop basse au-dessus du tapis 3 de convoyage.

[0106] La conception de l'éclairage avec un espace vide au centre au-dessus du tapis 3 est mise à profit pour faire coïncider le plan d'oscillation ou de balayage Pb du miroir 8' (comprenant le champ d'exploration C) avec le plan d'éclairage Pe (plan contenant les foyers F et F' et passant par l'axe médian de la zone de détection 7'). Avec des dimensions et une disposition convenablement choisies, la zone de mesure (angle b) n'interfère pas avec les tubes 6" ou les réflecteurs 6'.

[0107] Cette conception est très avantageuse pour analyser des objets 2 de hauteur significatives (jusqu'à 200 mm de haut), car quelle que soit la hauteur de l'objet, la zone éclairée et la zone analysée coïncident.

[0108] Bien que, si la surface de l'objet s'éloigne du point F', l'éclairage et le spot de mesure ne soient plus focalisés, la détection reste fiable malgré une diminution de la netteté du pixel, car la luminosité reste sensiblement identique. En effet, l'éclairage se disperse bien sur une plus grande surface, mais en même temps l'objet se rapproche du tube halogène et reçoit donc un flux direct plus important, et la distance miroir/objet diminue, ce qui augmente la densité reçue sur le miroir 8'.

[0109] Dans les conceptions des dispositifs connus non coplanaires, l'éclairage doit être dispersé sur un angle important pour éclairer efficacement un objet haut, et l'intensité disponible est réduite d'autant.

[0110] En vue d'éviter que les rayons spéculaires, dépourvus d'informations, ne soient pris en compte dans le flux lumineux réfléchi récupéré, le plan commun (plan d'éclairage Pe et plan de balayage Pb) des moyens éclairages 6 et du miroir 8' oscillant est incliné d'un angle α par rapport à la verticale au plan de convoyage Pc. On voit alors qu'il existe un angle γ entre le rayon spéculaire le plus proche et l'axe du capteur (axe miroir 8'/lentille 9/ouverture 10'). Cet angle γ doit être au moins de 5° , et de préférence supérieur à 10° pour une bonne sécurité (voir figure 2 des dessins annexés).

[0111] Inversement, une inclinaison α trop forte diminuerait la quantité de lumière utile récoltée par le capteur. Un bon compromis semble être un angle α d'environ 20° .

[0112] La lentille 9 sert à limiter la taille du pixel 12' analysé, même à grande distance du tapis 3 de convoyage.

[0113] Elle donne sur l'ouverture d'entrée 10' du faisceau de fibres 10, une image nette du pixel 12' analysé, à condition de placer l'extrémité du faisceau correspondant à l'ouverture 10' un peu après la distance focale en amont de la lentille 9. Le grandissement, c'est-à-dire le

rapport entre la taille du pixel 12' et celle de l'entrée 10' du faisceau 10 est égal au rapport des distances à la lentille.

[0114] Dans ces conditions, le flux lumineux capté est optimal. En effet, on peut montrer mathématiquement qu'il est quasiment indépendant de la distance miroir-convoyeur, et qu'il est identique au flux capté par un faisceau de fibres de même surface, placé à proximité du convoyeur et sous le même éclairage, et sans aucune optique.

[0115] Les machines existantes précitées mono-matériaux utilisent 3 à 6 PLO convenablement choisies. Une PLO est définie par la valeur d'une longueur d'onde centrale, et par une largeur spectrale. Par exemple la PLO centrée en 1420 nm et de largeur 20 nm est la plage de toutes les longueurs d'onde comprises entre 1410 et 1430 nm. L'usage de 3 à 6 PLO est effectivement suffisant pour distinguer un produit donné de tous les autres. L'expérience montre que c'est insuffisant pour reconnaître simultanément la gamme de matériaux couramment rencontrés dans les déchets, à savoir :

- les principaux plastiques : PET, PVC, PE, PS, PP, PAN, PEN;
- les plastiques dits « techniques » : ABS, PMMA, PA6, PA6.6, PU, PC ;
- Les briques alimentaires (Tétras), les papiers-cartons, dont on détecte la cellulose ;
- les autres produits, sans signature spectrale : métaux et verre.

[0116] Pour séparer les PLO, plusieurs technologies sont possibles :

- Filtres interférentiels
- AOTF (Acousto Optic Tunable Filters - filtres acousto-optiques ajustables)
- Réseau de diffraction.

[0117] Les inventeurs ont retenu la troisième solution, car elle est éprouvée, sans mouvements physiques, et avec un très bon rendement lumineux : de 60 à 90 % dans le spectre qui nous intéresse.

[0118] La description suivante s'appuie sur les figures 5 et 6 des dessins annexés.

[0119] Dans un réseau de diffraction, la lumière est dispersée à travers la fente de sortie à la façon d'un arc-en-ciel en fonction des longueurs d'onde. Le réseau est caractérisé par une dispersion, qui est le ratio entre les changements de longueurs d'onde exprimés en nm, et la distance sur la fente de sortie, exprimée en mm. Pour une bonne résolution d'analyse, les inventeurs ont choisi une dispersion comprise entre 20 nm/mm et 30 nm/mm.

[0120] Le faisceau de fibres optiques 10 permet de transporter la lumière réfléchie reçue du pixel 12' (flux lumineux multispectral 14") depuis l'extrémité à section carrée portant l'ouverture 10', de forme identique au

pixel, vers la fente d'entrée 17 du spectromètre 14, où les fibres sont ré-arrangées selon une fente fine verticale 17'.

[0121] L'image de la fente d'entrée 17 pour chaque PLO choisie en sortie de réseau 14' est une fente 17' de même forme et mêmes dimensions qu'en entrée. Les différents flux lumineux élémentaires 14''' correspondant aux différentes PLO sont récoltés par des fentes de sortie 17'. Il est prévu à ce niveau un réseau de faisceaux de fibres 15' formant des moyens de réception et de transmission 15 et ces fibres sont réarrangées à l'autre extrémité en des cercles 15'', dont chacun est fixé au contact d'une photodiode 16 en InGaAs, de surface active approximative 1 mm².

[0122] Avantagusement, la largeur spectrale des PLO est fixe, et vaut environ 5 nm, ce qui permet d'utiliser des photodiodes identiques. Mais on peut aussi construire des faisceaux 15 de sections différentes, associés à des photodiodes 16 de surface correspondante (par exemple une largeur spectrale de 10 nm avec deux rangées de fibres optiques accolées, pour une surface de photodiode d'environ 2 mm²). On peut ainsi, au choix, augmenter le flux lumineux reçu, ou affiner la résolution.

[0123] Grâce au montage décrit ci-dessus, la quantité de lumière n'est divisée qu'une fois : si on double le nombre de faisceaux de sortie, chacun d'eux aura autant de lumière que dans le montage d'origine.

[0124] Il est très avantageux que la construction de la machine 1 selon l'invention, permette de changer facilement le choix des PLO pour optimiser la recherche de nouveaux produits qui apparaîtront sur le marché à l'avenir.

[0125] La conception retenue et représentée sur les figures 7 et 8 assure une grande flexibilité pour modifier les PLO choisies, pourvu que leur nombre reste fixe. Les solutions technologiques permettant de modifier facilement le montage sont les suivantes :

- les faisceaux de fibres 15 sont munies de férules rectangulaires usinées avec précision, réalisées en deux pièces 18 et 19. Il est ainsi facile de les manipuler sans les briser. Une telle férule est formée d'une première plaquette 18 avec un renforcement 18' renfermant avec blocage les extrémités des fibres optiques 15' et fermé par une contre-plaquette 19.
- L'espacement minimum des férules définit la résolution du système (figure 8), c'est à dire l'écart minimal entre deux PLO : il est donné par l'encombrement de ces férules. A l'extrême, on peut supprimer la plaque de protection ou contre-plaquette 19 d'une des deux férules, ce qui donne un écart en longueur d'onde de 10 nm (Figure 8).
- Pour choisir un positionnement arbitraire des férules dans la zone de sortie du réseau 14', on utilise un jeu de cales 22, usinées avec une grande précision (environ +/- 0,15 µm de tolérance). Par exem-

ple, une cale de 5000 µm, et une cale de 280 µm, permettent de réaliser un espacement de 5280 µm.

- L'ensemble des férules 18, 19 et des cales 22 est empilé dans un support 20 fixé dans un boîtier rectangulaire de maintien 21, de forme ajustée.

[0126] Un réarrangement des PLO consiste alors simplement à retirer férules 18, 19 et cales 22 du boîtier de maintien 21, puis à remplacer certaines cales par celles de dimensions différentes, et enfin à les remettre dans le boîtier. L'opération est facile, rapide (une seule séance de travail), et réversible.

[0127] Les photodiodes des moyens de conversion 16 fournissent une intensité proportionnelle au nombre de photons incidents sur la totalité de leur surface pendant un temps donné. Ce courant est converti en tension et amplifié avant sa délivrance à l'ordinateur 23.

[0128] L'amplification peut comprendre un élément intégrateur, qui rend le niveau de signal final proportionnel au temps d'exposition. Plusieurs mises en oeuvre équivalentes sont possibles :

- un simple filtre RC (Résistance - Capacité), dont la constante de temps est réglée pour être environ la moitié du temps de mesure ;
- un dispositif à transfert de charge (CCD), qui vide à intervalles réguliers une capacité où s'accumulent les charges ;
- un module de sommation calculant une intégrale, implanté en logiciel après conversion numérique.

[0129] Les inventeurs ont préféré la première mise en oeuvre, qui est la plus simple et la moins contraignante pour le système informatique de traitement 23.

[0130] La surface active des photodiodes 16 utilisées dimensionne en fait toute la conception de l'ensemble récupération/transmission/analyse. En effet, il ne sert à rien de réaliser un faisceau de sortie 15 du réseau de diffraction 14' qui soit plus grand que la surface de la diode 16 associée : la surface supplémentaire ne serait pas exploitée. De même, les lois de l'optique imposent que les dimensions de la fente d'entrée 17 du réseau 14' soit les mêmes que les dimensions de la fente de sortie 17'. Quant au faisceau de fibres optiques 10, il conserve à l'évidence la surface active inchangée, soit environ 1 mm². Enfin, comme exposé plus haut, le flux reçu sur l'extrémité à ouverture d'entrée 10' de ce faisceau ne dépend que de sa surface, et de l'intensité d'éclairement au niveau du plan de convoyage Pc (par exemple surface du tapis d'un convoyeur 3), sous réserve d'un dimensionnement convenable de l'ensemble optique 8' et 9.

[0131] Le bilan de ce qui précède est que le niveau de signal final pour l'analyse matière est proportionnel seulement aux variables suivantes :

- la surface éclairée de la photodiode ;
- l'intensité d'éclairement sur le tapis convoyeur ;

- la largeur spectrale de la PLO utilisée ;
- le temps d'exposition de chaque mesure.

[0132] Ainsi, en maximisant l'intensité d'éclairement, en conservant des PLO étroites et en utilisant des capteurs (photodiodes) à grande surface éclairée, on obtient un système d'analyse beaucoup plus rapide, mais tout aussi fin que ce que l'on pourrait réaliser avec un spectromètre à barrettes.

[0133] La figure 5, en relation avec les figures 1, illustre un possible mode de réalisation du second dispositif d'analyse 11' (analyse couleur).

[0134] Ce second dispositif 11' pourrait également être réalisé au moyen d'un réseau de diffraction.

[0135] Cependant, dans le visible, la sélectivité en longueur d'ondes n'a pas besoin d'être très fine. Des largeurs de bande de 60 nm sont tout à fait suffisantes. De plus, il n'y a pas d'enjeu de flexibilité, puisque les trois couleurs fondamentales sont calées sur la perception de l'oeil humain : les PLO ne changent donc jamais. Plutôt que d'utiliser un réseau de diffraction, il est donc plus simple et meilleur marché d'utiliser des filtres colorés à placer devant chaque diode réceptrice. Ce sont les filtres 6R, 6V, 6B indiqués, spécifiques respectivement du rouge, du vert, et du bleu.

[0136] Les photodiodes 27 associées aux filtres précités sont en Silicium et couvrent tout le domaine visible : ce matériau est très bon marché et a une très bonne détectivité, environ 100 fois plus élevée que l'In-GaAs dans l'infrarouge. Grâce à cette sensibilité élevée, il est inutile d'amener un faisceau de fibres devant la diode : une seule fibre de diamètre 200 µm donne un signal suffisant.

[0137] Il suffit donc de prélever trois fibres optiques dans le faisceau 10 pour les affecter à la détection couleur. L'extrémité comportant l'ouverture d'entrée 10' peut ainsi comprendre environ vingt fibres, dont seize ou dix-sept se retrouvent à l'extrémité pénétrant dans la fente d'entrée 17 du spectromètre 14, et dont trois pénètrent dans le dispositif d'analyse 11' ou module couleur. Vu la quantité de lumière visible disponible, on peut même envisager d'utiliser une seule fibre pour la couleur et de répartir sa lumière sur trois filtres : ainsi, on laisse un maximum de surface sensible pour la partie du faisceau 10 reliée au spectromètre 14.

[0138] Après les photodiodes Silicium 27, un étage d'amplification classique, non représenté, permet d'amener les signaux analogiques à un niveau suffisant pour les acquérir dans l'ordinateur 23.

[0139] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit et représenté aux dessins annexés. Des modifications restent possibles, notamment du point de vue de la constitution des divers éléments ou par substitution d'équivalents techniques, sans sortir pour autant du domaine de protection de l'invention.

Revendications

1. Machine d'inspection automatique d'objets défilant de manière sensiblement monocouche sur un plan de convoyage d'un convoyeur, permettant de discriminer ces objets selon leur composition chimique, cette machine comprenant au moins un poste de détection à travers ou sous lequel passe le flux d'objets, ce poste de détection comportant notamment :

- des moyens d'application de rayonnements électromagnétiques en direction du plan de convoyage, émettant lesdits rayonnements de manière à définir un plan d'éclairage, l'intersection dudit plan d'éclairage et dudit plan de convoyage définissant une ligne de détection s'étendant transversalement au sens de défilement des objets,
- un dispositif de réception permettant de balayer périodiquement tout point de ladite ligne de détection, et recevant à tout instant les rayonnements réfléchis par une zone de mesure élémentaire située au voisinage du point balayé à cet instant, le plan défini par ladite ligne de détection et le centre optique d'entrée dudit dispositif étant appelé plan de balayage,
- des moyens de transmission à au moins un dispositif d'analyse desdits rayonnements réfléchis au niveau de la zone de mesure élémentaire balayante,

machine **caractérisée en ce que** les rayonnements émis sont concentrés au voisinage du plan d'éclairage (Pe) et **en ce que** ledit plan d'éclairage (Pe) et le plan de balayage (Pb) sont confondus, ce plan commun (Pe, Pb) étant incliné par rapport à la perpendiculaire (D) au plan de convoyage (Pc).

2. Machine selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le dispositif de réception (8) comprend un organe réfléchissant mobile (8') portant le centre optique d'entrée (8''), recevant directement les rayonnements réfléchis au niveau de la zone de mesure élémentaire (12) balayante et présentant des dimensions sensiblement du même ordre de grandeur que les dimensions de ladite zone de mesure élémentaire (12) dont il assure le déplacement, préférentiellement légèrement supérieures.

3. Machine selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, **caractérisée en ce que** les moyens d'application (6) consistent en des moyens d'éclairage large spectre, les rayonnements appliqués consistant en un mélange de rayonnements électromagnétiques du domaine visible et du domaine de l'infrarouge, et **en ce que** lesdits moyens d'éclairage (6) comportent des organes (6') concentrant

les rayonnements émis, au niveau du plan de convoyage (Pc), sur une bande transversale de détection (7') balayée périodiquement par la zone de mesure élémentaire (12) et dont l'axe médian longitudinal correspond à la ligne de détection (7).

4. Machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** les moyens (6) d'application de rayonnements sont constitués par deux unités d'application espacées entre elles et disposées selon un alignement transversal par rapport au sens de défilement des objets (2), chaque unité comprenant un organe d'émission allongé (6'') associé à un organe (6') sous forme de réflecteur profilé à section elliptique. 5
5. Machine selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** chaque organe d'émission allongé (6'') est sensiblement positionné au niveau du foyer proche (F) du réflecteur (6') qui lui est associé, les moyens d'application de rayonnements (6) étant positionnés et les réflecteurs (6') étant conformés et dimensionnés de telle manière que le second foyer éloigné (F') est situé à une distance du plan de convoyage (3) correspondant sensiblement à la hauteur moyenne (H) des objets (2) à trier, lesdits foyers (F, F') étant situés dans le plan d'éclairage (Pe). 10
6. Machine selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, **caractérisée en ce que** des parois de réflexion (13, 13') des rayonnements émis par les moyens d'application (6) sont disposés le long des bords latéraux du convoyeur (3), notamment au niveau des extrémités de la bande de détection (7'), en s'étendant, horizontalement et verticalement, sensiblement jusqu'à hauteur desdits moyens d'application (6). 15
7. Machine selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, **caractérisée en ce que** le dispositif de réception (8) se présente sous la forme d'une tête de réception portant, d'une part, un organe réfléchissant mobile (8') sous la forme d'un miroir plan, disposé de manière sensiblement centrale par rapport au plan de convoyage (Pc) du convoyeur (3) et oscillant par pivotement avec une amplitude suffisante pour que la zone de mesure élémentaire mobile (12) puisse explorer la totalité de la bande de détection (7') pendant une demi-oscillation et, d'autre part, un moyen (9) de focalisation de la fraction de rayonnement(s) réfléchi(e) par une partie élémentaire de la bande de détection (7') et transmise par le miroir oscillant (8') en direction dudit moyen (9), ladite tête (8) portant également l'extrémité présentant l'ouverture d'entrée (10') des moyens (10) de transmission de ladite fraction de rayonnement (s), après focalisation par le moyen (9), vers au 20

moins un dispositif d'analyse spectrale (11, 11').

8. Machine selon la revendication 7, **caractérisée en ce que** le moyen de focalisation (9) et les moyens de transmission (10) consécutifs sont situés en dehors du champ d'exploration (C) du miroir oscillant (8') situé dans le plan de balayage (Pb), l'axe d'alignement miroir (8')/moyen de focalisation (9)/ouverture d'entrée (10') étant situé dans ledit plan de balayage (Pb). 25
9. Machine selon l'une quelconque des revendications 7 et 8, **caractérisée en ce que** le miroir plan oscillant formant l'organe réfléchissant mobile (8') est situé entre les deux unités formant les moyens d'application de rayonnements (6) et dans une disposition relative telle que lesdites unités n'interfèrent pas avec le champ d'exploration (C) dudit miroir (8'). 30
10. Machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisée en ce que** les moyens de transmission (10) consistent en un faisceau de fibres optiques (10'') dont la totalité ou une majorité est reliée à un dispositif d'analyse (11) décomposant le rayonnement réfléchi en ses différentes composantes spectrales et déterminant les intensités de certaines desdites composantes ayant des longueurs d'onde caractéristiques des matières des objets à trier, lesdites fibres optiques (10'') présentant au niveau de l'ouverture d'entrée (10') un arrangement carré ou rectangulaire en section. 35
11. Machine selon la revendication 10, **caractérisé en ce qu'une** partie minoritaire des fibres optiques (10'') du faisceau (10) est reliée à un dispositif d'analyse (11') détectant les intensités respectives des trois couleurs fondamentales. 40
12. Machine selon la revendication 10, **caractérisée en ce que** le dispositif d'analyse (11) est constitué, d'une part, par un spectromètre (14) à réseau de diffraction (14') décomposant le flux lumineux multispectral (14'') reçu de la zone de mesure élémentaire (12) en ses différentes composantes spectrales constitutives, notamment dans le domaine de l'infrarouge, d'autre part, par des moyens (15) de récupération et de transmission des flux lumineux élémentaires (14''') correspondant à différentes plages spectrales irrégulièrement espacées, caractérisant les substances et composés chimiques des objets (2) à discriminer, par exemple sous la forme de faisceaux de fibres optiques séparés, et, enfin, par des moyens (16) de conversion photoélectrique délivrant un signal analogique pour chacun desdits flux lumineux élémentaires (14'''). 45
13. Machine selon la revendication 12, **caractérisée** 50

en ce que le flux lumineux multispectral (14'') est introduit dans le spectromètre (14) au niveau d'une fente d'entrée (17) et **en ce que** les flux lumineux élémentaires (14''') sont récupérés au niveau de fentes de sortie (17') présentant une forme et des dimensions identiques à celles de la fente d'entrée et positionnées en fonction du facteur de dispersion et des plages spectrales à récupérer, les portions d'extrémité de sortie des fibres (10'') de la composante majoritaire du faisceau de fibres formant les moyens de transmission (10) et les portions d'extrémité d'entrée des fibres optiques (15') des moyens de récupération et de transmission (15) présentant des arrangements linéaires identiques et étant montés respectivement dans la fente d'entrée (17) et les fentes de sortie (17').

14. Machine selon la revendication 13, **caractérisée**

en ce que les portions d'extrémité d'entrée des fibres optiques (15') des faisceaux formant les moyens de récupération et de transmission (15) sont montées dans des plaquettes minces (18) pourvues de renforcements de réception (18') adaptés, préférentiellement associées à des contre-plaquettes (19) de maintien et de blocage, de manière à former des supports de montage et de positionnement (20) desdites fibres optiques (15') dans le corps du spectromètre (14).

15. Machine selon la revendication 14, **caractérisée**

en ce que le corps du spectromètre (14) comporte une structure rigide (21) de réception et de maintien avec blocage desdits supports (20), autorisant leur mise en place par coulissement et leur installation par empilement, avec éventuellement intercalage de cales ajustées (22), de manière à positionner lesdits supports (20) aux emplacements correspondant aux zones d'impact des flux lumineux élémentaires (14''') à relever.

16. Machine selon l'une quelconque des revendications 3 à 15, **caractérisée en ce qu'elle** comprend également une unité (23) de traitement et de gestion de fonctionnement du poste de détection (4), telle qu'un ordinateur commandant notamment le mouvement de l'organe réfléchissant mobile (8') et éventuellement du convoyeur (3), séquençant l'acquisition des rayonnements réfléchis au niveau de la zone de mesure élémentaire mobile (12) et traitant et évaluant les signaux délivrés par les dispositifs d'analyse (11, 11'), par exemple par comparaison avec des données programmées, en vue de la détermination de la composition chimique de chacun des objets (2) inspectés ou de la présence d'une substance chimique dans lesdits objets (2), le cas échéant en corrélant les résultats de ladite détermination avec une détermination de la localisation spatiale desdits objets (2).

17. Machine selon la revendication 16, **caractérisée en ce que** la bande de détection (7') se présente sous la forme d'une surface rectangulaire allongée de faible largeur s'étendant perpendiculairement à l'axe médian et transversalement sur toute la largeur du plan de convoyage (Pc) du convoyeur (3).

18. Machine de tri automatique d'objets selon leur composition chimique, ces objets défilant de manière sensiblement monocouche sur un convoyeur, cette machine de tri comportant un poste de détection amont couplé fonctionnellement à un poste aval de séparation active desdits objets en fonction des résultats des mesures et/ou analyses effectuées par ledit poste de détection, **caractérisée en ce que** le poste de détection (4) est un poste de détection selon l'une quelconque des revendications 1 à 17.

19. Machine de tri selon la revendication 18, **caractérisée en ce que** le poste de détection (4), ou son unité (23) de traitement et de gestion du fonctionnement, délivre des signaux d'actionnement à un module de pilotage (24) des moyens d'éjection (5'), en alignement transversal, du poste de séparation active (5) en fonction des résultats desdites analyses, une salve de signaux d'actionnement étant émise après chaque exploration complète d'une bande de détection transversale (7') par la zone de mesure élémentaire mobile (12).

20. Machine de tri selon l'une quelconque des revendications 18 et 19, **caractérisée en ce que** la ligne de détection (7) est située à proximité immédiate, par exemple à moins de 30 cm, des moyens d'éjection (5'), par exemple par soulèvement, sous la forme d'une rangée de buses délivrant des jets de gaz, préférentiellement d'air.

21. Procédé d'inspection automatique d'objets défilant de manière sensiblement monocouche sur un plan de convoyage d'un convoyeur, ledit procédé permettant de discriminer ces objets selon leur composition chimique, et consistant à :

- faire passer le flux d'objets à inspecter à travers ou sous au moins un poste de détection,
- à émettre des rayonnements électromagnétiques vers le plan de convoyage par l'intermédiaire de moyens d'application correspondant, de manière à définir un plan d'éclairage, l'intersection dudit plan d'éclairage et dudit plan de convoyage définissent une ligne de détection s'étendant transversalement au sens de défilement des objets,
- à balayer périodiquement tout point de ladite ligne de détection par l'intermédiaire d'un dispositif de réception recevant à tout instant les rayonnements réfléchis par une zone de mesure

re élémentaire située au voisinage du point balayé à cet instant, le plan défini par ladite ligne de détection et le centre optique d'entrée dudit dispositif étant appelé plan de balayage,

- à transmettre lesdits rayonnements réfléchis au niveau de la zone de mesure élémentaire balayante à au moins un dispositif d'analyse par l'intermédiaire de moyens de transmission adaptés,

procédé **caractérisé en ce que** les rayonnements émis sont concentrés au voisinage du plan d'éclairage (Pe) et **en ce que** ledit plan d'éclairage (Pe) et le plan de balayage (Pb) sont confondus, ce plan commun (Pe, Pb) étant incliné par rapport à la perpendiculaire (D) au plan de convoyage (Pc).

22. Procédé selon la revendication 21, **caractérisé en ce qu'il** consiste à concentrer les rayonnements, préférentiellement du domaine visible et infrarouge, au niveau du plan de convoyage (Pc) sur une bande transversale de détection (7') balayée périodiquement par la zone de mesure élémentaire (12) et dont l'axe médian longitudinal correspond à la ligne de détection (7), de manière à obtenir une intensité de rayonnement élevée et sensiblement homogène sur toute la surface de ladite bande de détection (7').
23. Procédé selon l'une quelconque des revendications 21 et 22, **caractérisé en ce qu'il** consiste à balayer séquentiellement la bande de détection (7') avec la zone mesure élémentaire mobile (12) par oscillation pivotante d'un miroir plan formant l'organe réfléchissant (8'), à focaliser le flux lumineux provenant de la zone de mesure élémentaire (12) sur l'ouverture d'entrée (10') des moyens de transmission (10) sous forme d'un faisceau de fibres optiques (10"), à amener la majorité du flux lumineux multispectral (14") capté vers la fente d'entrée (17) d'un spectromètre (14) faisant partie d'un premier moyen d'analyse (11), à décomposer ce flux lumineux (14") en ses différentes composantes spectrales élémentaires (14""), à récupérer les flux lumineux de certaines de ces composantes correspondant à des plages de longueurs d'ondes étroites spécifiques au niveau de fentes de sortie (17') et à les transmettre par l'intermédiaire de moyens adaptés (15) à des moyens (16) de conversion photoélectrique pour fournir des premiers signaux de mesure, à amener, le cas échéant, simultanément une faible partie du flux lumineux multispectral (14") capté vers un second moyen d'analyse (11') déterminant les intensités respectives des trois couleurs fondamentales et fournissant des seconds signaux de mesure, à traiter lesdits premiers et éventuellement seconds signaux de mesure, au niveau d'une unité (23) de traitement et de gestion informatique

commandant notamment le mouvement de l'organe réfléchissant mobile (8'), séquençant l'acquisition des rayonnements réfléchis au niveau de la zone de mesure élémentaire mobile (12) et traitant et évaluant les signaux délivrés par les dispositifs d'analyse (11, 11'), par comparaison avec des données programmées, en vue de la détermination de la composition chimique de chacun des objets (2) inspectés ou de la présence d'une substance chimique dans lesdits objets (2).

24. Procédé selon la revendication 23, **caractérisé en ce qu'il** consiste à faire délivrer par l'unité (23), en fonction des résultats du traitement des signaux de mesure, des signaux d'actionnement à un module (24) de pilotage de moyens d'éjection (5') d'un poste de séparation (5') situé en aval du poste de détection (4) par rapport au flux d'objets (2), et, enfin, à éjecter ou à ne pas éjecter chacun des différents objets (2) défilant sur le plan support de convoyage (Pc) du convoyeur (3) en fonction des signaux d'actionnement délivrés.

25. Procédé selon la revendication 24, **caractérisé en ce qu'une** salve de signaux d'actionnement est émise après achèvement de chaque balayage de la bande de détection (7') et traitement des signaux de mesure correspondants, le cas échéant avec prise en compte des signaux de mesure du balayage précédent.

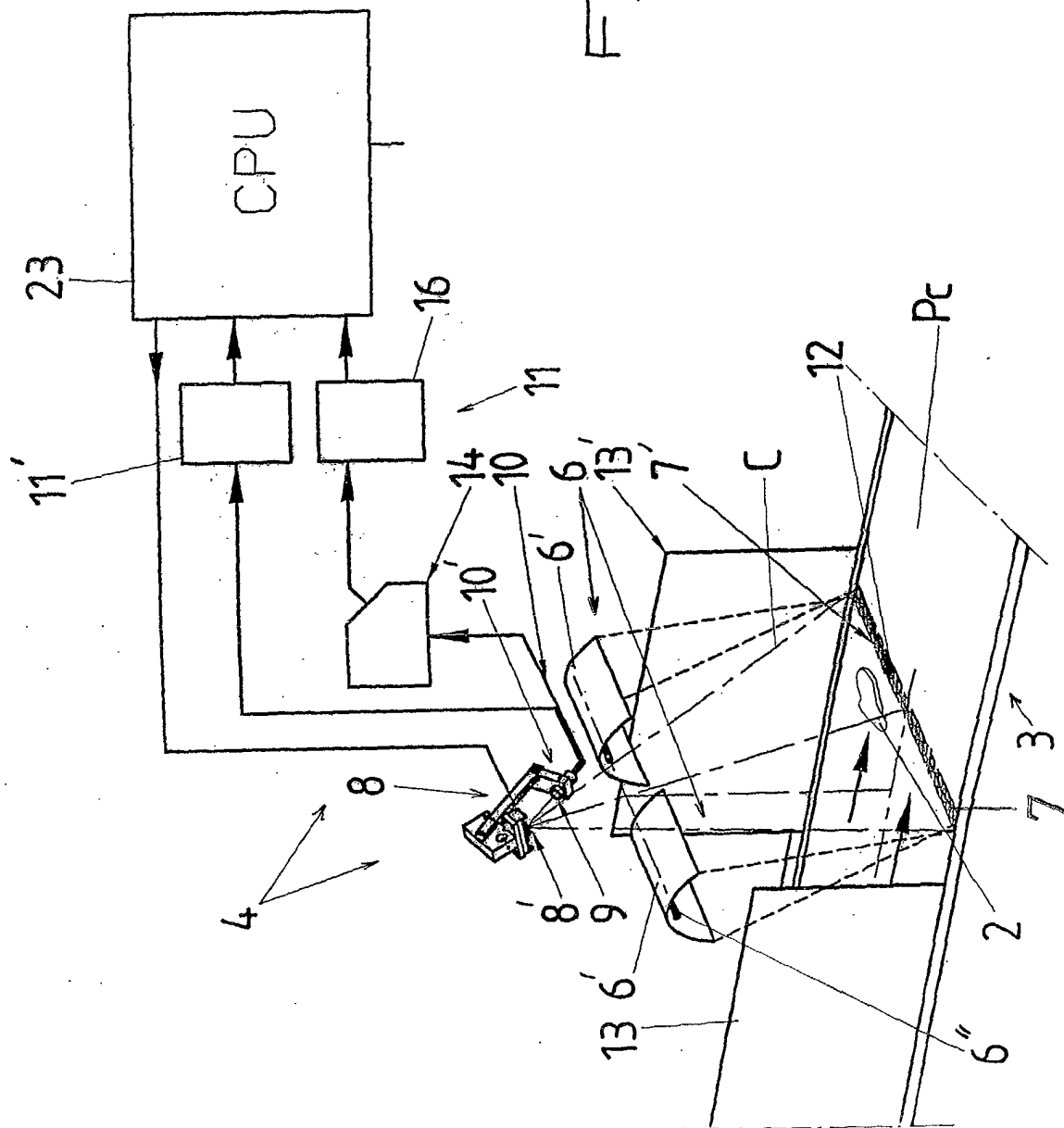


Fig. 1A

Fig. 1

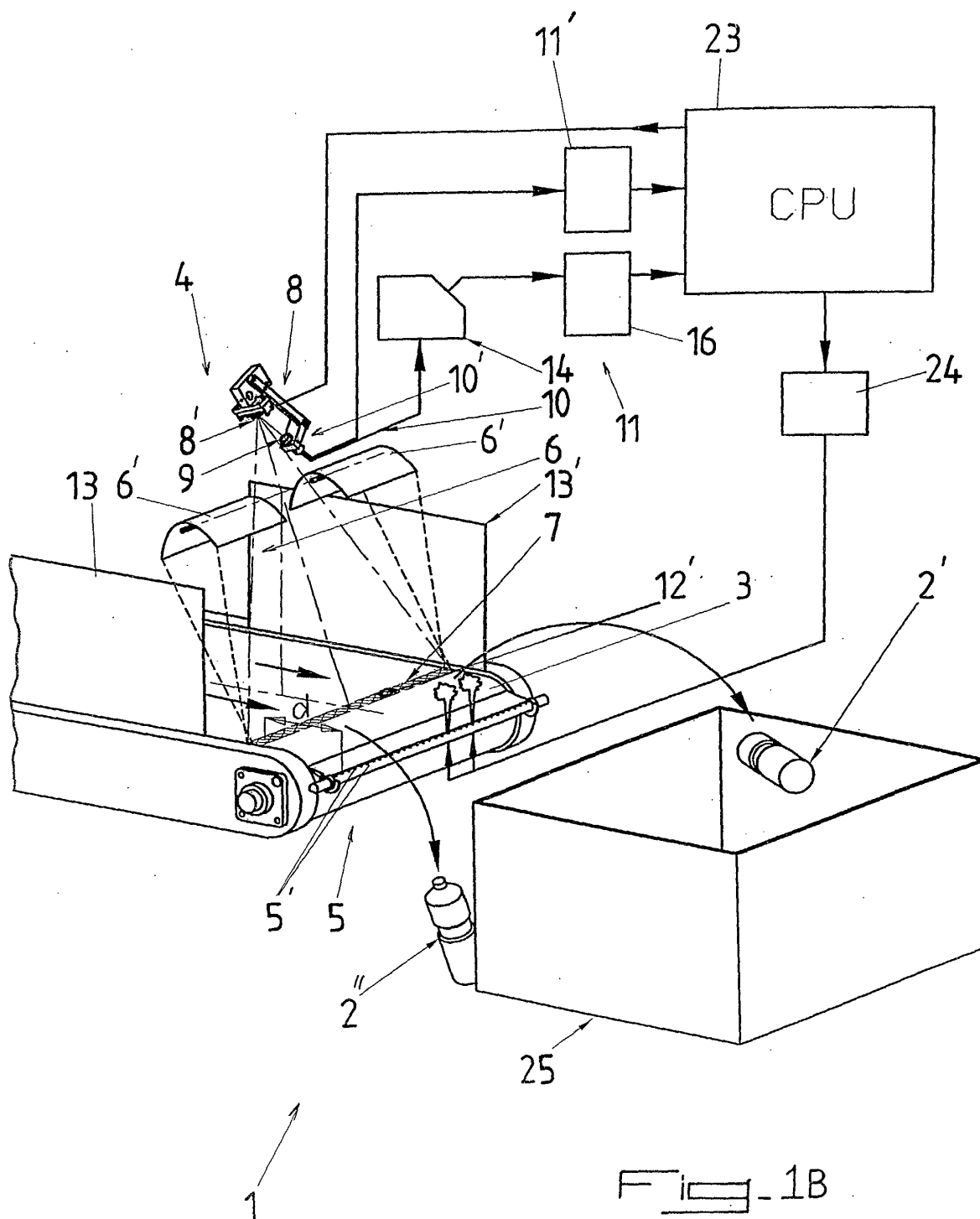
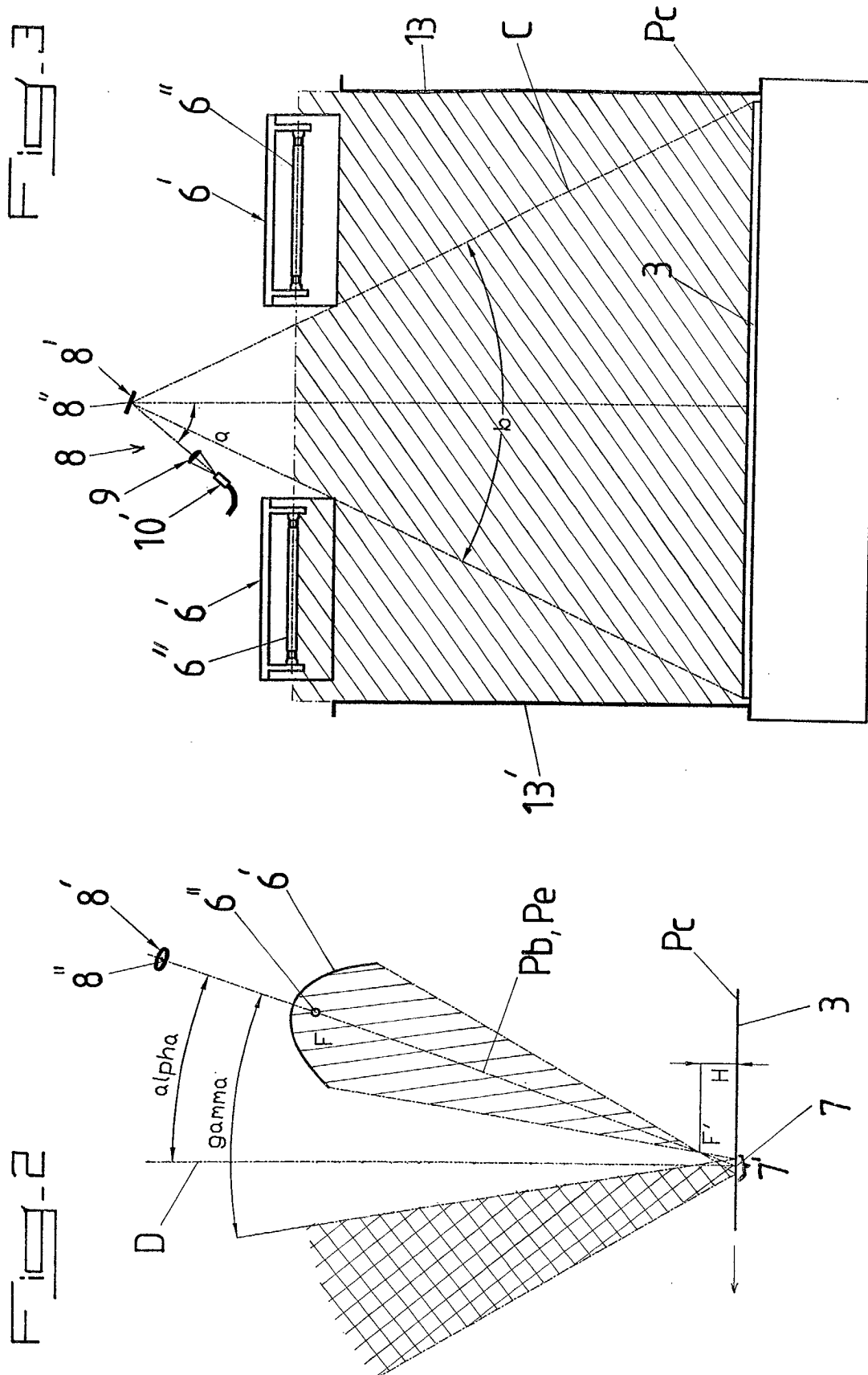


Fig. 1



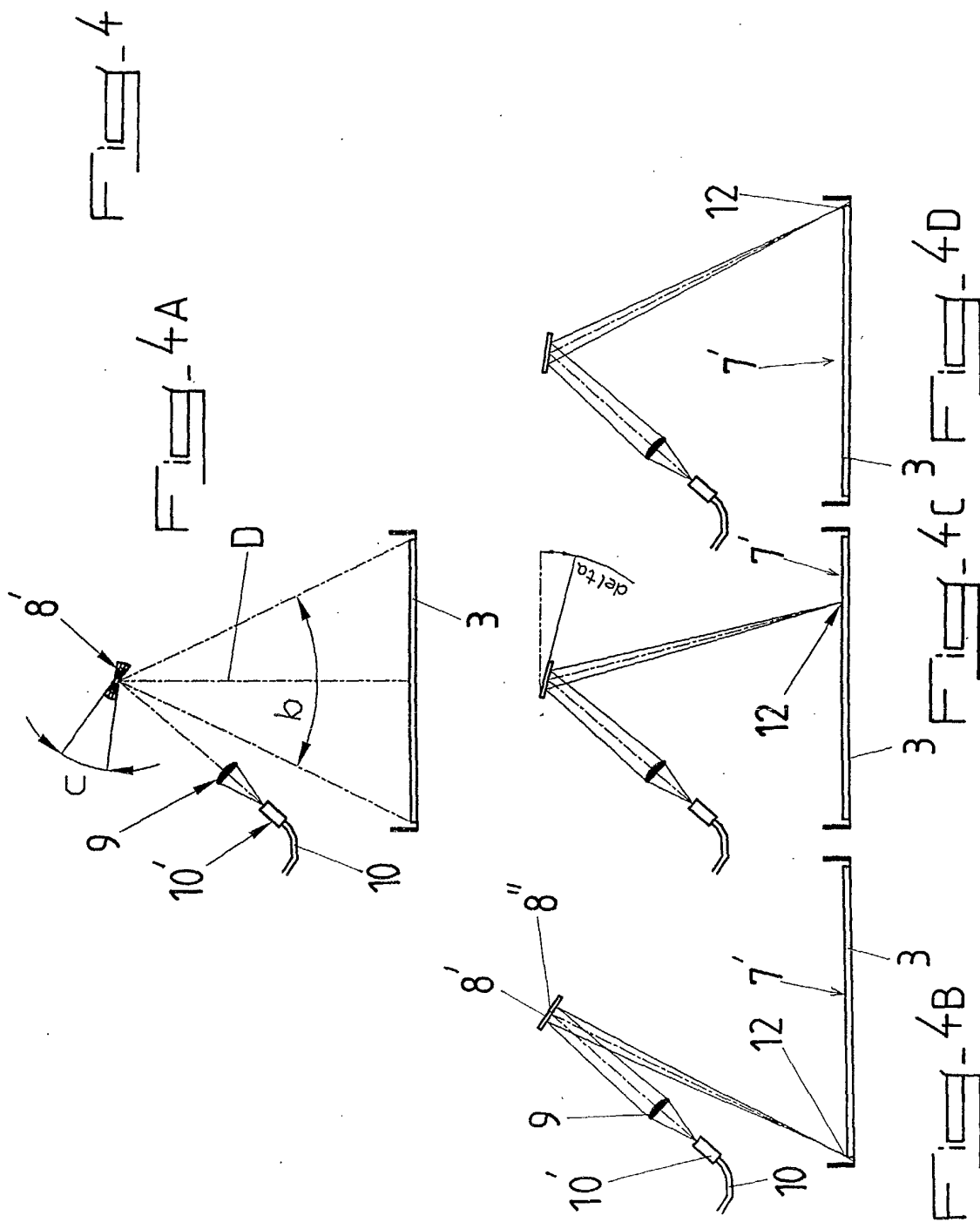
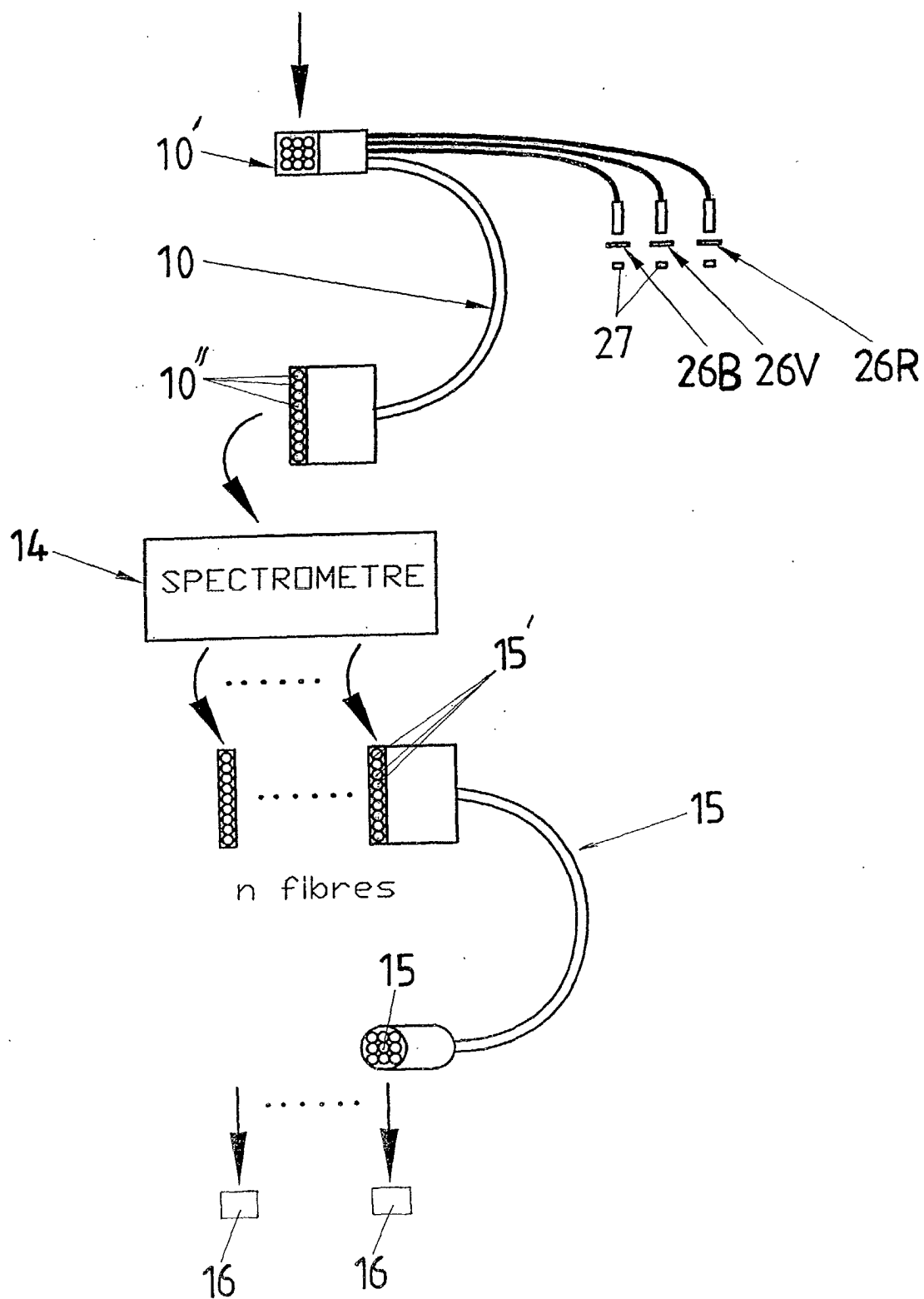
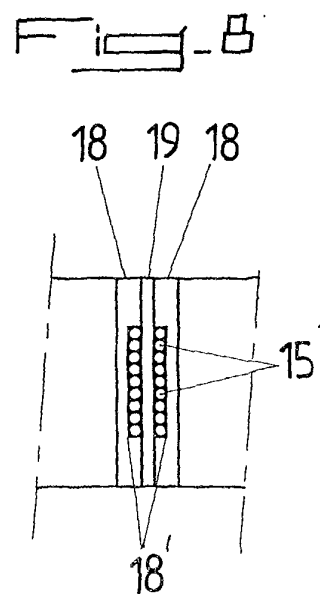
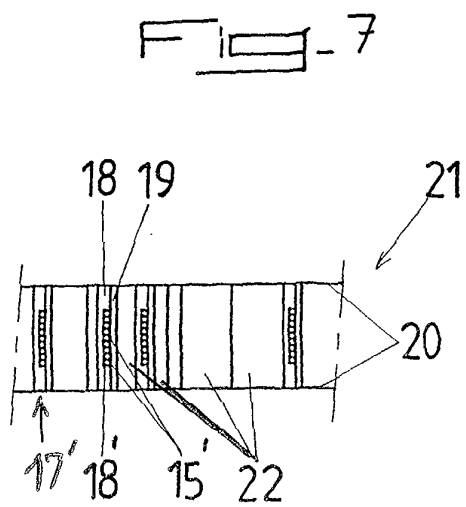
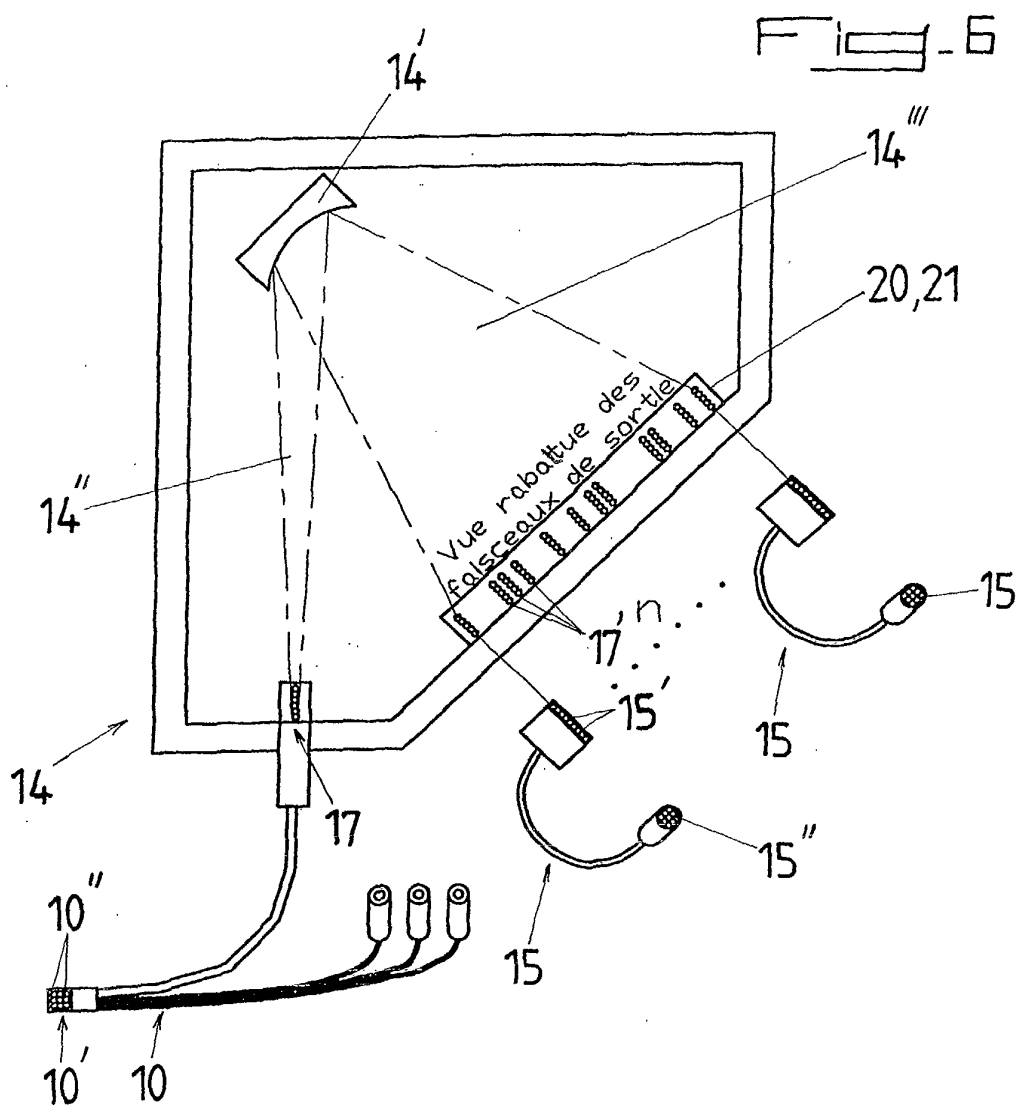


Fig. 5







Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 02 36 0092

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
Y A	US 5 675 419 A (VAN DEN BERGH HERMAN ET AL) 7 octobre 1997 (1997-10-07) * colonne 5, ligne 62 - colonne 16, ligne 29 * * figures 2,7,12,17 * ---	1,3,18, 21,22 2,4,5, 7-10,12, 13,16, 17,19, 20,23-25	B07C5/342
Y A	WO 96 03226 A (OSENED LTD ;MALLON JOHN (IE); MOYNIHAN MAURICE (IE)) 8 février 1996 (1996-02-08) * abrégé * * page 9, ligne 32 - page 17, ligne 33 * * figures 1,2,5-7 * ---	1,3,18, 21,22 4,5, 10-13, 16,17, 19,20, 24,25	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
A	US 5 692 621 A (HENDERSON KENNETH ET AL) 2 décembre 1997 (1997-12-02) * colonne 3, ligne 12 - colonne 4, ligne 67 * * figures 1,2 * --- -/--	1,3,4, 10,12, 13, 16-22, 24,25	B07C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 29 mai 2002	Examineur Jacobs, P
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03 92 (P04C02)



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 02 36 0092

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
A	US 5 791 497 A (CAMPBELL DUNCAN ET AL) 11 août 1998 (1998-08-11) * colonne 4, ligne 11 - colonne 6, ligne 54 * * figure 1 *	1,3-6, 10,12, 13, 16-22, 24,25	
A	EP 0 497 747 A (SIB SIBER SRL) 5 août 1992 (1992-08-05)		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 29 mai 2002	Examineur Jacobs, P
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03/92 (P04C02)

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

EP 02 36 0092

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

29-05-2002

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5675419	A	07-10-1997	AU 2575792 A	03-05-1993
			EP 0610235 A1	17-08-1994
			WO 9307468 A1	15-04-1993
			JP 7500182 T	05-01-1995
			US 5471311 A	28-11-1995

WO 9603226	A	08-02-1996	IE 940593 A2	07-02-1996
			AU 2990795 A	22-02-1996
			EP 0772498 A1	14-05-1997
			WO 9603226 A1	08-02-1996

US 5692621	A	02-12-1997	US 5538142 A	23-07-1996
			US 6078018 A	20-06-2000
			US 5873470 A	23-02-1999
			AU 3810095 A	31-05-1996
			DE 69507832 D1	25-03-1999
			DE 69507832 T2	05-08-1999
			EP 0789633 A1	20-08-1997
			ES 2127564 T3	16-04-1999
			WO 9614168 A1	17-05-1996
			JP 10508532 T	25-08-1998

US 5791497	A	11-08-1998	AUCUN	

EP 0497747	A	05-08-1992	IT 1245984 B	07-11-1994
			DE 69204862 D1	26-10-1995
			DE 69204862 T2	02-05-1996
			EP 0497747 A2	05-08-1992
			ES 2079835 T3	16-01-1996

EPC FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82