



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2007/05/16
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2007/11/29
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2015/02/10
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2008/11/19
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2007/000842
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2007/135280
(30) Priorité/Priority: 2006/05/22 (FR0604578)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B03B 9/06* (2006.01),
B07C 5/34 (2006.01), *B09B 3/00* (2006.01)

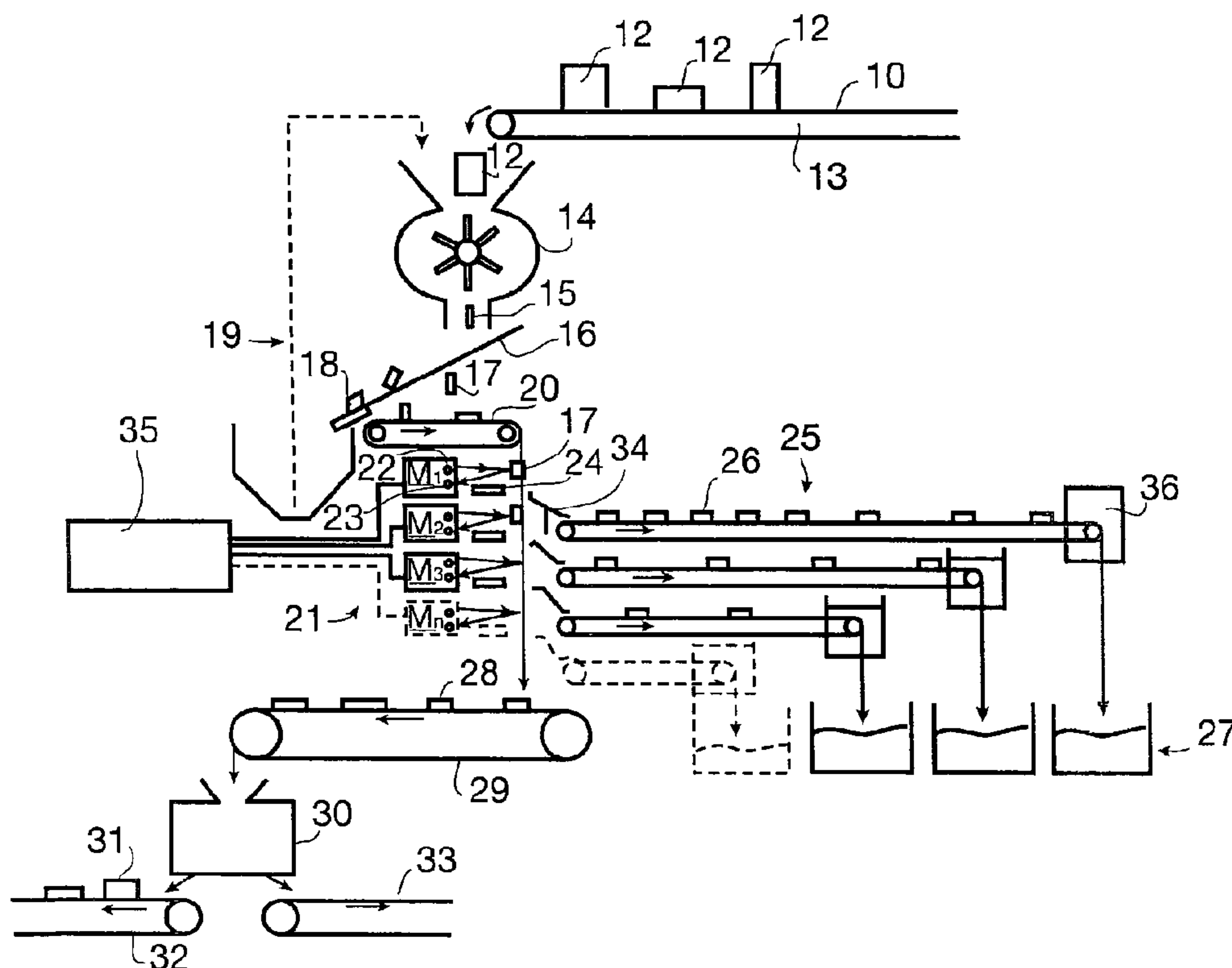
(72) Inventeurs/Inventors:
LAMBERT, CLAUDE, FR;
HACHIN, JEAN-MICHEL, FR

(73) Propriétaires/Owners:
LAMBERT, CLAUDE, FR;
HACHIN, JEAN-MICHEL, FR

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : PROCEDE POUR LE RECYCLAGE DE MATIERES PROVENANT D'OBJETS USAGES

(54) Title: METHOD FOR RECYCLING MATERIALS FROM USED OBJECTS



(57) Abrégé/Abstract:

Le procédé de recyclage selon l'invention comprend lors de la fabrication des objets (12) une phase préalable de marquage sélectif des objets (12), des parties d'objets et/ou des composants des objets incluant les matières à recycler, et une phase de concentration des matières à recycler comportant le broyage des objets (12) en particules (15), la détection à distance des marqueurs susceptibles d'être portés par chacune des particules, l'extraction des parties (26) ayant fait l'objet de la détection d'un marqueur et leur aiguillage dans une zone de stockage spécifique (27) dudit marqueur.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international

PCT

(43) Date de la publication internationale
29 novembre 2007 (29.11.2007)(10) Numéro de publication internationale
WO 2007/135280 A3(51) Classification internationale des brevets :
B03B 9/06 (2006.01) **B07C 5/34** (2006.01)
B09B 3/00 (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2007/000842

(22) Date de dépôt international : 16 mai 2007 (16.05.2007)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0604578 22 mai 2006 (22.05.2006) FR

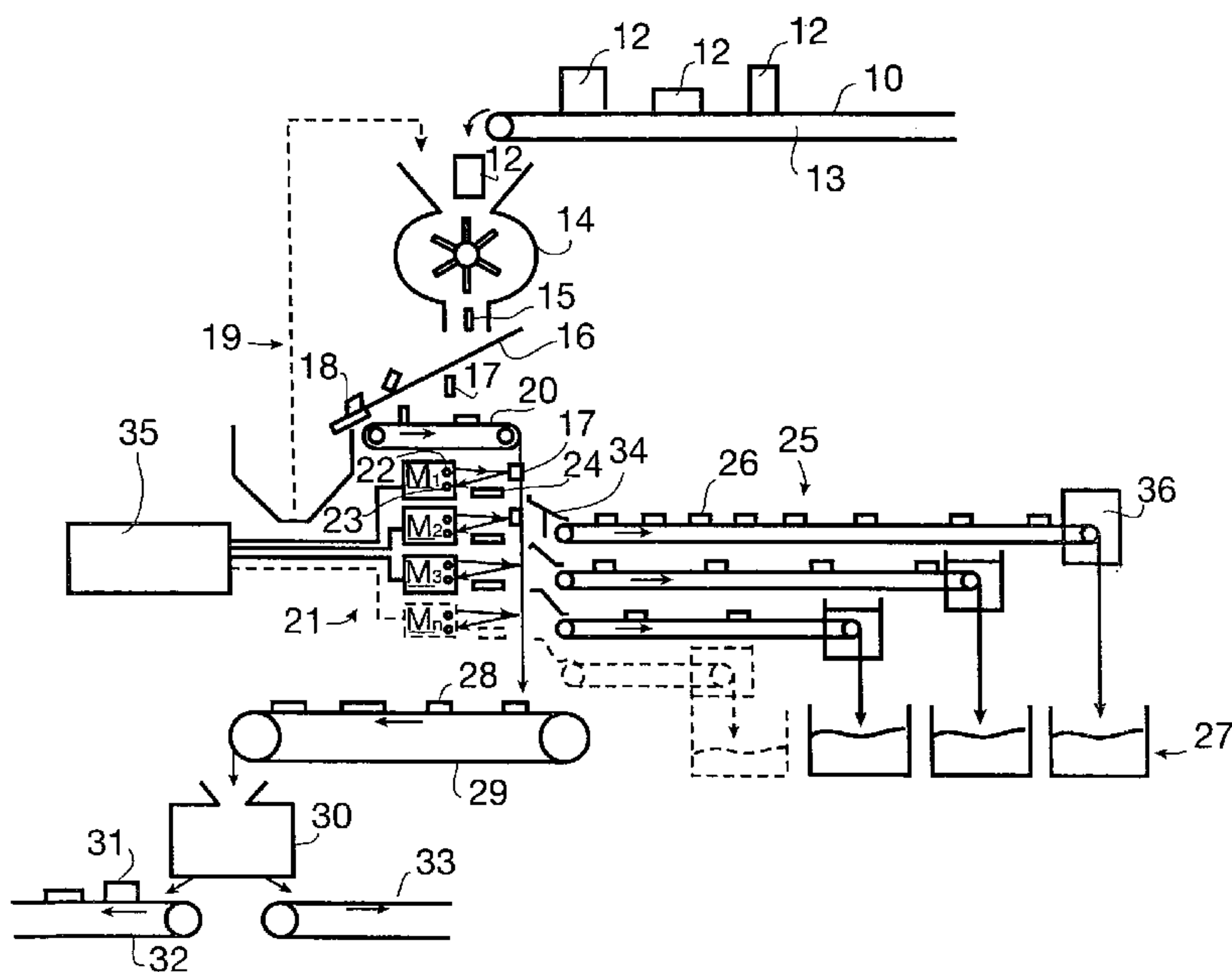
(71) Déposants et

(72) Inventeurs : **LAMBERT, Claude** [FR/FR]; 16, allée des
Thuyas, F-91240 St Michel sur Orge (FR). **HACHIN,**
Jean-Michel [FR/FR]; 15 rue Trébois, F-92300 Leval-
lois-Perret (FR).(74) Mandataire : **DE SAINT PALAIS, Arnaud**; Cabinet
Moutard, 35, rue de la Paroisse, F-78000 Versailles (FR).(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL,
PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR RECYCLING MATERIALS FROM USED OBJECTS

(54) Titre : PROCÉDE POUR LE RECYCLAGE DE MATIÈRES PROVENANT D'OBJETS USAGES



(57) Abstract: The recycling method according to the invention involves, when manufacturing the objects (12), a preliminary phase of selectively labelling the objects (12), the parts of the objects and/or the components of the objects that include the materials to be recycled, and a phase of concentrating the recyclable materials involving grinding the objects (12) down into particles (15), remotely detecting the labels that may be borne by each of the particles, extracting those parts (26) in which a label has been detected and directing them to a storage area (27) specific to said label.

[Suite sur la page suivante]

WO 2007/135280 A3

WO 2007/135280 A3



Publiée :

- *avec rapport de recherche internationale*
- *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

(88) Date de publication du rapport de recherche internationale:

19 juin 2008

(57) Abrégé : Le procédé de recyclage selon l'invention comprend lors de la fabrication des objets (12) une phase préalable de marquage sélectif des objets (12), des parties d'objets et/ou des composants des objets incluant les matières à recycler, et une phase de concentration des matières à recycler comportant le broyage des objets (12) en particules (15), la détection à distance des marqueurs susceptibles d'être portés par chacune des particules, l'extraction des parties (26) ayant fait l'objet de la détection d'un marqueur et leur aiguillage dans une zone de stockage spécifique (27) dudit marqueur.

PROCEDE POUR LE RECYCLAGE DE MATIERES PROVENANT**5 D'OBJETS USAGES.**

10 La présente invention concerne un procédé pour le recyclage de matières
provenant d'objets usagés.

D'une manière générale, on sait qu'à l'heure actuelle d'importants efforts sont
faits dans le but de recycler autant que possible les matériaux utilisés dans les
15 produits manufacturés mis au rebut.

Néanmoins, ce problème s'avère excessivement difficile à résoudre dans le cas
où le produit que l'on veut traiter en vue du recyclage est de nature complexe
et comprend une multiplicité de pièces réalisées en des matériaux différents.

20

Tel est notamment le cas des appareils électroniques ou même des
automobiles.

Dans ces deux cas, le recyclage implique un démontage des appareils et un tri
25 des composants, de manière à rassembler ceux qui sont réalisés en un même
matériau.

Il est clair que ce processus ne peut convenir que dans le cas où l'on utilise
une main d'œuvre bon marché et ne se prête pas à une industrialisation
30 automatisée.

Pour tenter de résoudre ces problèmes, on a proposé de broyer les appareils, de manière à les réduire en morceaux de dimensions prédéterminées. Ces morceaux font ensuite l'objet d'un tri sélectif par des moyens classiques par exemple, par flottaison, par triage magnétique... Toutefois, ces méthodes ne
5 couvrent pas toute la gamme des produits. En particulier, elles ne permettent pas d'effectuer un tri sélectif entre divers types de matière plastique ou bien de sélectionner un morceau d'appareil incluant un composant électronique renfermant une matière rare et/ou précieuse.

10 L'invention a donc plus particulièrement pour but de résoudre ce problème grâce à un procédé permettant d'effectuer un recyclage de différentes matières susceptibles d'être présentes dans une multiplicité d'objets, indépendamment de la nature desdites matières et/ou desdits objets.

15 Selon l'invention, ce procédé comprend une séquence opératoire comportant les phases suivantes :

. Une phase préalable dans laquelle on effectue une classification des matières à recycler, indépendamment des objets dans lesquels ces matières
20 sont censées être présentes avec l'attribution, pour chacune des matières classifiées, d'un code d'identification signifiant la présence d'au moins un marqueur chimique spécifique, détectable à distance sans contact, cette phase préalable pouvant en outre comprendre la saisie et la mise en mémoire de données d'identification spectrophotométrique desdits
25 marqueurs.

. Une phase de marquage sélectif des objets, des parties d'objets et/ou des composants des objets, incluant les matières à recycler, conformément à l'attribution affectée selon ladite classification, cette phase de marquage étant effectuée de préférence lors de la fabrication de l'objet ou même lors
30 d'une étape subséquente de la vie des objets.

- . Une phase de concentration des matières à recycler présentes dans lesdits objets, cette phase comprenant :
 - le broyage des objets en particules de dimensions prédéterminées en fonction de la nature desdits objets et desdits composants,
 - la détection à distance des marqueurs susceptibles d'être portés par chacune des particules, l'identification de la matière à recycler grâce à l'analyse du marqueur et l'extraction des particules ayant fait l'objet de la détection et de l'identification d'un marqueur, et leur aiguillage dans une zone de stockage spécifique dudit marqueur et donc de ladite matière à recycler correspondant à ce marqueur.

Plus particulièrement, il est proposé un procédé pour le recyclage de matières provenant d'objets usagés, comprenant une séquence opératoire comportant les phases suivantes:

- une phase préalable dans laquelle on effectue une classification des matières à recycler, indépendamment des objets dans lesquels ces matières sont censées être présentes avec l'attribution, pour chacune des matières classifiées, d'un code d'identification, détectable à distance sans contact,
- une phase de concentration des matières à recycler présentes dans lesdits objets, cette phase comprenant:
 - le broyage des objets en particules de dimensions prédéterminées en fonction de la nature desdits objets et desdits composants,

3a

- la détection à distance de chacune des particules, l'identification de la matière à recycler et l'extraction des particules ayant fait l'objet de la détection et de l'identification d'un marqueur, et l'extraction des particules ayant fait l'objet de la détection et de l'identification, et leur aiguillage dans une zone de stockage spécifique de ladite matière à recycler,

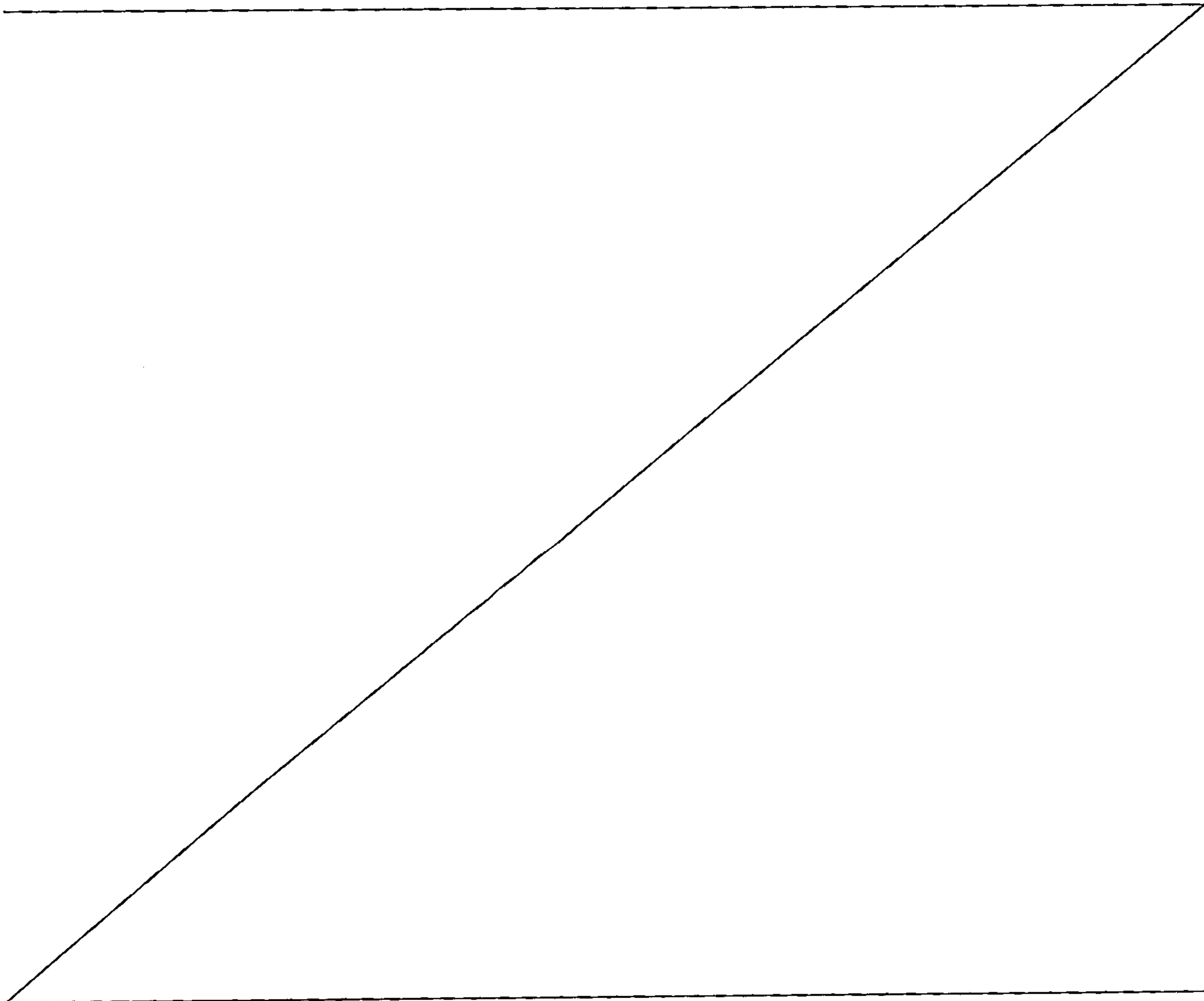
caractérisé en ce que:

- le code d'identification signifie la présence d'au moins un marqueur chimique spécifique,
- il comprend une phase de marquage chimique sélectif des objets, des parties d'objets et/ou des composants des objets, incluant les matières à recycler, conformément à l'attribution affectée selon ladite classification,
- la détection à distance comprend la détection des marqueurs chimiques susceptibles d'être portés par chacune des particules, l'identification de la matière se fait grâce à l'analyse du marqueur.

Avantageusement :

- le procédé pourra comprendre, préalablement à la phase d'extraction, l'attribution aux marqueurs et donc aux matières à recycler, d'un classement par ordre de préférence, de manière à ce que, lorsque plusieurs marqueurs ont été détectés sur une même particule, cette particule soit aiguillée en prenant en compte le marqueur dont le classement est le plus élevé ; à l'inverse, on pourra procéder par élimination en rejetant les particules pour lesquelles certains marqueurs ou combinaisons de marqueurs ont été identifiés,

3b

- les marqueurs pourront consister en des marqueurs chimiques qui, lorsqu'ils sont excités par un rayonnement lumineux incident, émettent des rayonnements énergétiques dont les spectres de fréquence sont discernables les uns par rapport aux autres et par rapport aux objets et aux substances dans lesquelles ils sont destinés à être incorporés,
 - l'étape d'identification pourra s'effectuer par analyse spectrophotométrique des particules d'objets, composants ou des matières issues du broyage, de manière à détecter les susdits paramètres, notamment la présence ou l'absence de marqueurs et la détermination d'un code d'identification de la matière à recycler présente dans ou sur lesdites particules.
- 

Dans le procédé précédemment décrit, la phase d'analyse spectrophotométrique pourra comprendre une séquence comportant les étapes suivantes :

- 5 - l'irradiation de l'objet ou de la particule marquée à l'aide d'un faisceau lumineux à large spectre de fréquence,
- l'envoi des ondes transmises ou réfléchies par l'objet ou la particule sur un élément dispersif qui les dévie de manière à obtenir un spectre lumineux de l'intensité lumineuse en différentes zones du spectre correspondant à des
10 plages de longueurs d'ondes différentes,
- la détection de l'intensité lumineuse dans chacune desdites zones,
- la comparaison de cette intensité avec une ou plusieurs valeurs de seuil spécifiquement attribuées à cette zone et qui ont été préalablement enregistrées en mémoire,
- 15 - le résultat de cette comparaison contribuant à la détermination du code d'identification de la matière à recycler.

Par ailleurs, la détermination des zones du spectre à analyser, de même que les différents paramètres affectés à chacune de ces zones, pourront être effectués
20 par le système, à partir des susdites données d'identification spectrophotométrique préalablement stockées en mémoire. Cette solution permet d'obtenir une meilleure fiabilité des résultats et d'alléger considérablement la puissance des moyens de traitement utilisés.

- 25 Les paramètres relatifs à la présence ou l'absence des marqueurs dans la combinaison attribuée et utilisés pour la détermination d'un code d'identification pourront notamment inclure :
- la présence ou non de fluorescence, et/ou
 - une durée de fluorescence supérieure ou inférieure à au moins une valeur de
30 seuil, et/ou

- la présence ou l'absence d'un pic à une longueur d'onde préétablie ainsi, qu'éventuellement, l'amplitude et/ou la largeur de ce pic, et/ou
 - des hauteurs de pic d'émission correspondant à une concentration de marqueurs supérieure ou inférieure à une ou plusieurs valeurs de seuil
- 5 prédéfinies.

Pour augmenter le nombre de combinaisons possibles, des concentrations différentes de marqueurs sont utilisées pour obtenir des raies d'intensité

10 différente.

10

En outre, pour s'affranchir de tous les facteurs optiques susceptibles de perturber la lecture et l'analyse spectrophotométrique subséquente, l'intensité lumineuse émise par le générateur de rayonnement lumineux pourra être asservie en fonction de l'écart entre la valeur de l'intensité lumineuse détectée

15 dans une plage de fréquence prédéterminée non affectée par la présence des marqueurs et d'une valeur de consigne prédéterminée.

Cette mesure s'avère nécessaire lorsque l'on utilise plusieurs niveaux d'intensité en tant que paramètres.

20

Avantageusement, l'un des marqueurs présents dans un code d'identification pourra être utilisé en tant qu'étalon servant de référence pour la détermination de la présence, de l'absence et/ou de l'intensité des autres marqueurs, notamment en vue d'effectuer des corrections et des calibrages permettant de

25 s'affranchir de bruits pouvant par exemple provenir de la composition de la substance ou de l'objet, des variations de positionnement telles que l'angle d'incidence, la distance à l'objet ou de matière transparente enveloppant ou entourant cette substance ou cet objet, ou d'une diminution du signal due à la présence de produits étrangers (salissures, ...) ou d'une diminution éventuelle

30 du signal résultant d'une exposition prolongée aux intempéries ou au vieillissement de l'objet.

En conséquence, le procédé selon l'invention pourra en outre comprendre :

- le choix préalable de l'un des susdits marqueurs et l'attribution de ce marqueur en tant qu'étalon à un type de produit ou de substance et/ou pour
5 une période de temps prédéterminée,
- l'affectation à ce marqueur de données d'identification et de données spécifiques à sa fonction d'étalon et la mémorisation de ces données,
- lors d'une phase d'authentification, la détermination du marqueur utilisé en tant qu'étalon, à partir des données d'identification précédemment
10 mémorisées, la comparaison de données relatives à ce marqueur étalon obtenues lors de l'analyse spectrophotométrique de l'objet ou de la substance, avec les susdites données spécifiques précédemment mémorisées,
- le calcul de correction à apporter à l'analyse spectrophotométrique à partir
15 du résultat de cette comparaison,
- la détection de la présence, de l'absence et/ou de l'intensité des marqueurs à partir des résultats de l'analyse spectrophotométrique corrigée,
- la détermination du code d'authentification de l'objet ou de la substance à partir de la présence, de l'absence et/ou de l'intensité desdits marqueurs.

20

Un avantage de cette solution consiste en ce qu'elle permet l'utilisation de très faibles concentrations (de quelques ppm à quelques centaines, de préférence quelques dizaines de ppm ou parties par million) de marqueurs chimiques ayant chacun un signal luminescent caractéristique. Néanmoins, ces
25 concentrations peuvent éventuellement atteindre quelques pourcent dans le cas de matrices particulières, telles que colorées ou noires. Il en résulte :

- La possibilité d'utiliser en tant que marqueurs chimiques, des nano-matériaux, c'est-à-dire des particules ou des structures dont la taille se
30 mesure en nanomètres (ou milliardièmes de mètre). On utilise ici la propriété relative au fait que plus la taille des particules est petite, plus le

rapport surface/volume augmente et, en conséquence, plus l'analyse spectrophotométrique est significative.

5 ■ Compte tenu des très faibles quantités utilisées, les propriétés physiques et chimiques essentielles de la matrice dans laquelle le marqueur est ajouté sont inchangées.

■ Pour la même raison, le coût du marqueur est faible.

■ Les marqueurs pourront être :

10 a) Noyés dans la masse : A titre d'exemple, ces marqueurs peuvent être incorporés à une matrice plastique dans laquelle le marqueur peut avoir pour but d'identifier le titre et le grade du polymère, le producteur, la traçabilité, l'authentification de l'objet, etc..

b) Disposés en surface, par exemple :

- 15 - par imprégnation (par exemple dans un textile, une teinture...),
- par enduction (dépôt de vernis, peinture, pulvérisation) sur différents supports, par exemple des pièces métalliques d'aviation, que ce soit sur l'ensemble de la surface ou ponctuellement (sérigraphie, dépôt au tampon),
- sous forme d'étiquettes marquées en partie visible ou non.

20 De même, le code d'identification pourra être déterminé à partir de la présence ou de l'absence de marqueurs noyés dans la masse et de la présence ou de l'absence de marqueurs disposés en surface, par exemple dans un revêtement tel qu'un vernis ou une peinture.

25 Avantageusement, ce revêtement pourra comprendre une zone réfléchissante recouverte d'une couche transparente contenant des marqueurs. Cette solution permet ainsi d'effectuer une spectrophotométrie par réflexion qui réduit considérablement les pertes énergétiques.

Les données d'identification pourront comporter la combinaison de marqueurs choisis, les longueurs d'onde des raies caractéristiques, leur intensité, la durée d'une fluorescence éventuelle...

- 5 Ainsi, il n'est pas nécessaire de couvrir toutes les longueurs d'onde, il suffit d'analyser les plages de valeurs correspondant aux raies attendues qui sont identifiées à partir du code des données d'identification spectrophotométrique préalablement stockées en mémoire, afin de vérifier leur présence ou leur absence sans se préoccuper des zones situées hors de ces plages.

10

Dans le cas du recyclage du plastique, on pourra envisager d'utiliser une combinaison de marqueurs par type de plastique ou par grade de plastique, ce qui permet ensuite de les trier par type ou par grade une fois l'identification réalisée.

15

Le susdit code d'identification pourra résulter d'une combinaison de marqueurs et pourra consister en un nombre binaire dont les chiffres binaires correspondent chacun à la présence ou l'absence d'un marqueur.

- 20 L'invention ne se limite pas à ces différents types d'application.

Ainsi, notamment, la combinaison de marqueurs pourra en outre permettre d'obtenir des données d'identification relatives au produit lui-même, à sa fabrication (par exemple son numéro de série), au fabricant et, éventuellement,
25 à un distributeur.

Ces dispositions pourront permettre d'assurer un traçage des objets ou des produits marqués.

- 30 Des modes d'exécution de l'invention seront décrits ci-après, à titre d'exemples non limitatifs, avec référence aux dessins annexés dans lesquels :

Les figures 1 et 2 sont des vues schématiques de deux objets dont on souhaite recycler certaines matières constitutives, la figure 1 étant une coupe schématique d'un appareil électronique et la figure 2 étant une
5 vue de côté d'une automobile ;

La figure 3 est un schéma synoptique d'une installation de recyclage ;

La figure 4 est une représentation schématique d'un dispositif
10 d'identification d'objets ou de fragments d'objets utilisable dans le procédé selon l'invention.

Comme précédemment mentionné, l'invention a pour but de permettre un recyclage sélectif de matières contenues dans des objets pouvant présenter une
15 structure complexe dans laquelle coexistent des matériaux les plus divers dont certains peuvent présenter une valeur importante en matière de récupération ou de recyclage.

Les figures 1 et 2 montrent deux objets posant des problèmes importants de
20 recyclage, étant entendu que ces deux exemples ne sont pas limitatifs et que l'invention peut s'appliquer à de nombreux autres objets.

L'objet représenté sur la figure 1 est un appareil comportant un circuit électronique logé dans un boîtier 1. Ce circuit électronique est porté par une
25 carte de circuit imprimé 2 et comprend une multiplicité de composants électroniques 3. Sur ce circuit imprimé est fixé un transformateur 3' comprenant une armature métallique et des enroulements de cuivre 4. Ce circuit électronique est connecté à un connecteur multibroches 5 dont les broches 6 sont dorées et/ou argentées.

Conformément à l'invention, la première étape du procédé de recyclage de cet appareil s'effectue lors de la réalisation de l'objet. Cette étape comprend le marquage des parties de l'objet contenant les matières que l'on souhaite recycler. Dans cet exemple, ce marquage pourra concerner :

5

- . Le boîtier 1 dans le cas où il est réalisé en matière plastique. Ce marquage peut être fait dans la matière elle-même ou éventuellement au niveau d'une couche superficielle (vernis ou peinture).
- . Pour certains composants électroniques 3 contenant des matières rares : le
10 marquage est incorporé à un enduit de surface recouvrant le composant.
- . Le bobinage 4 du transformateur : le marquage peut être incorporé dans la couche de vernis recouvrant le fils de cuivre du bobinage.
- . Les broches de connexion : le marquage pourra être réalisé dans la matière isolante supportant les broches.

15

Les parties réalisées en du métal présentant des propriétés magnétiques ne font pas l'objet d'un marquage en raison de l'efficacité des procédés classiques.

Bien entendu, à chacune des autres parties que l'on veut recycler est attribué
20 un marqueur spécifique qui constitue un identifiant de la matière présente dans cette partie, que l'on désire recycler.

Dans le cas de la voiture représentée sur la figure 2, les parties faisant l'objet d'un marquage pourront comprendre :

25

- . les éléments réalisés en matière plastique de même nature :
 - un marquage pourra être prévu pour les parties de carrosserie en matière plastique (par exemple les pare-chocs 7, 8), un autre marquage pouvant être prévu pour les pièces en matière plastique situées sous le capot et/ou
30 dans l'habitacle ; les marqueurs correspondants peuvent être incorporés à la matière,

- . les pièces en fonte d'aluminium, notamment celles présentes dans le moteur 9 et les jantes 10 ; ici également, le marquage peut être fait dans la masse ou en surface,
- . les vitres et le pare-brise : le marquage est alors fait dans la masse du verre.

5

Bien entendu, la liste de parties des objets faisant l'objet d'un marquage spécifique n'est pas limitative. Cette liste pourrait donc être plus importante et donner lieu à un nombre de marqueurs élevé.

- 10 A chacun de ces marqueurs correspond une matière à recycler ainsi que des données facilitant son identification spectrophotométrique.

Conformément au procédé selon l'invention, les objets faisant l'objet d'un marquage sont collectés et stockés en fin de vie en vue de procéder à des
15 traitements de recyclage. Bien entendu, le stock d'objets destinés au recyclage peut éventuellement comprendre un mélange d'objets marqués et d'objets non marqués. De même, ces objets pourront être éventuellement partiellement démontés et soumis à un tri préalable.

- 20 Comme illustré sur la figure 3, les objets destinés au recyclage 12 sont amenés grâce à un convoyeur 13 à une unité de broyage 14 pouvant comprendre un ou plusieurs broyeurs.

Ces broyeurs sont conçus de manière à réduire les objets 12 en des particules à
25 traiter 15, présentant des tailles prédéterminées, étant entendu que l'unité de broyage 14 peut comprendre plusieurs étages et que les particules à traiter 15 peuvent présenter des tailles différentes réparties en tranches de tailles faisant l'objet de traitements séparés.

Dans cet exemple, les particules 15 délivrées par le broyeur sont passées dans un trieur 16 (indiqué schématiquement par un crible) qui extrait les particules 17 présentant la taille souhaitée.

- 5 Les particules 18 présentant des tailles plus importantes sont ramenées au broyeur 14 par l'intermédiaire d'un système de convoyeur 19 indiqué schématiquement par une liaison en traits interrompus.

10 A la sortie du trieur 16, les particules 17, présentant la taille requise, sont acheminées par un convoyeur 20 jusqu'à un poste de détection et d'extraction 21. Dans ce poste de détection et d'extraction 21, les particules 17 en chute libre passent au droit d'une succession de modules de détection/extraction M_1 , M_2 , M_3 , M_n comportant chacun :

- 15 . Des moyens d'irradiation 22 des particules 17 par un rayonnement lumineux émis par un générateur.
- . Des moyens d'analyse spectrophotométrique 23 comprenant un élément dispersif qui reçoit la lumière transmise ou réfléchie par les particules 17 et engendre un spectre lumineux de l'intensité lumineuse en au moins
- 20 plusieurs zones du spectre correspondant à des plages de longueurs d'onde différentes.
- . Des moyens de détection de l'intensité lumineuse dans ladite zone.
- . Des moyens de comparaison de cette intensité avec une ou plusieurs valeurs de seuil spécifiquement attribuées à cette zone et qui sont enregistrées en
- 25 mémoire au titre des susdits paramètres.
- . Des moyens de détermination d'un code d'identification de la matière à recycler contenue dans la particule à partir des susdits codes d'identification.
- . Des moyens d'extraction consistant ici en une buse d'injection d'air
- 30 comprimé 24, reliée à un circuit d'air comprimé par l'intermédiaire d'une électrovanne.

- . Un circuit de commande de l'électrovanne, à partir des codes d'identification préalablement déterminés : ce circuit commande l'ouverture de l'électrovanne quant le code d'identification déterminé correspond à celui de la matière que l'on veut recycler.
- 5 . Des moyens de convoyage 25 des particules extraites 26 jusqu'à une zone de stockage 27.

Les particules 28 qui n'ont pas été extraites dans le poste de détection et d'extraction sont prises en charge par un convoyeur 29 jusqu'à un poste
10 d'extraction complémentaire 30 pouvant entre autre comprendre des moyens d'extraction de particules contenant des éléments métalliques possédant des propriétés magnétiques.

Les particules magnétiques extraites 31 sont transmises à une zone de
15 stockage par l'intermédiaire d'un convoyeur 32, tandis que les autres sont amenées à une autre zone de stockage par un autre convoyeur 33.

Dans cet exemple, on a représenté quatre modules de détection et d'extraction M_1 , M_2 , M_3 , M_n , étant entendu que ce nombre pourrait être différent. Chaque
20 module de détection et d'extraction M_1 , M_2 , M_3 , M_n , correspond à un marqueur déterminé et donc à une matière particulière à recycler. L'extraction, sous l'effet de l'air comprimé émis par les buses, se fait par l'intermédiaire de déflecteurs 34 qui acheminent la particule détectée 26 vers le convoyeur correspondant.

25

Les analyses spectrophotométriques sont ici effectuées par une unité de traitement 35 qui dispose, en mémoire, d'informations relatives aux spectres relatifs aux marqueurs recherchés. Cette unité de traitement assure, par ailleurs, la commande des électrovannes qui pilotent l'admission de l'air
30 comprimé aux buses d'injection 24.

Eventuellement, l'unité de traitement 35 pourra être couplée à un lecteur, par exemple à code à barres, destiné à identifier les objets traités 12 en amont de l'unité de broyage 14 et à déterminer, à la suite de cette identification, la nature des marqueurs et donc des matières à recycler présentes dans ces objets.

5 L'unité de commande pourra alors déterminer l'affectation de chacun des modules de détection et d'extraction M_1 , M_2 , M_3 , M_n , et éventuellement procéder à un aiguillage (bloc 36) des particules extraites 26 au niveau de ces modules vers des zones de stockage appropriées.

10 Dans l'exemple illustré figure 4, le spectrophotomètre équipant chacun des modules de détection et d'extraction comporte :

- un générateur de rayonnement lumineux à long spectre de fréquence et à intensité réglable faisant intervenir une source lumineuse 44 alimentée par
15 un générateur de courant électrique 46 à puissance réglable ; un collimateur 42 dans l'axe duquel est placé un objectif 45, une particule à traiter 48 étant située dans l'axe optique de la source lumineuse 44,
- un élément dispersif 41 situé en regard de la particule 48, du même côté que la source lumineuse 44 ; cet élément dispersif 41 (prisme ou réseau de
20 diffraction) décompose le rayonnement lumineux réfléchi et/ou diffusé par la particule 48 en fonction de la fréquence pour produire un spectre,
- des moyens de détection du spectre, ici une barrette de détecteurs à transfert de charges 43 qui permet de détecter les radiations émises à différents niveaux spectraux par l'élément dispersif 41 et de transmettre à un système
25 électronique un signal numérique représentatif du spectre détecté.

Comme précédemment mentionné, la source lumineuse 44 est une source à large spectre de fréquence. Elle peut consister en des lampes à arc (type Xénon) ou en une ampoule engendrant une lumière blanche. Eventuellement,
30 elle pourrait consister en une pluralité de sources de rayonnement laser spécifiquement choisies en fonction de la nature des marqueurs chimiques

utilisés, un mélangeur optique étant alors utilisé pour effectuer un mélange des différents rayonnements émis par ces sources.

L'objectif 45 peut, par exemple, consister en un doublet achromatique.

5

Bien entendu, le générateur de courant électrique 46 pourra également servir à l'alimentation des circuits électroniques associés au spectrophotomètre.

10 Dans cet exemple, la barrette de détecteurs 43 comprend une cellule C située à une position du spectre non affectée par la présence des marqueurs chimiques.

Cette cellule C émet un signal de détection appliqué (après amplification) à l'entrée d'un soustracteur S d'une unité de traitement E dont la deuxième entrée reçoit une tension calibrée VC. La sortie de ce soustracteur S est
15 appliquée à un amplificateur de puissance AP qui pilote le générateur 46 de manière à ce que la sortie du soustracteur S se maintienne à une valeur constante, de préférence égale à zéro.

Grâce à cette disposition, on s'assure que le niveau d'intensité lumineuse reçu
20 par la cellule C est constant. On s'affranchit ainsi des perturbations susceptibles de faire varier l'intensité lumineuse du rayonnement émis par la particule 48.

L'unité de traitement E comprend un processeur P (indiqué en traits
25 interrompus) associé à des moyens de mémorisation d'une base de données des codes d'identification BC, d'une base de données spectrophotométrique BA et d'un programme de gestion des différents traitements PG, ainsi qu'à des moyens d'affichage et de signalisation AF.

30 Ce processeur P est conçu de manière à déterminer le code d'identification du marqueur porté par la particule 48 et donc de la matière à recycler

correspondante. A cet effet, il détermine tout d'abord les zones spectrales à explorer (bloc B₂) en fonction des données spectrophotométriques de la base de données BA. Il mesure l'amplitude des rayonnements lumineux reçus par les détecteurs dans lesdites zones spectrales (bloc B₃).

5

Dans le cas où l'on utilise un marqueur étalon, ce signal peut être corrigé (bloc B₄) avant analyse, à partir du signal numérique produit par le détecteur correspondant à ce marqueur étalon.

- 10 Le processeur P détermine ensuite (bloc B₅) le code d'identification détecté qu'il compare (bloc B₆) au code d'identification prédéterminé. Dans le cas d'une concordance entre ces deux codes, le processeur émet un signal de validation SV et commande l'ouverture de l'électrovanne EV pour obtenir l'émission d'un jet d'air comprimé qui aiguille la particule 48 vers un
- 15 convoyeur correspondant.

D'une façon plus précise, l'analyse spectrophotométrique de la particule 48 à l'aide du dispositif précédemment décrit pourra comprendre :

- 20 ○ l'irradiation de la particule 48 au moyen de la source de rayons 44,
- la transmission des ondes réfléchies ou diffusées par la particule 48 sur l'élément dispersif 41 qui les dévie différemment en fonction de leur longueur d'onde,
- l'obtention d'un spectre de la radiation réfléchie ou diffusée grâce aux ondes
- 25 planes ainsi déviées qui donnent, dans une zone de détection composée de la série de barrettes 43, une succession d'images de la source (bloc 3),
- l'échantillonnage de ce spectre puis la conversion du signal analogique en un signal numérique présentant une trame numérique prédéterminée (bloc
- 4),
- 30 ○ un fenêtrage effectué en fonction des plages de longueurs d'onde indiquées dans la base de données spectrophotométrique, de façon à ne considérer que

- la présence ou l'absence des raies caractéristiques des marqueurs permettant de déterminer un code lu (bloc 5),
- la comparaison des données (relatives au code d'identification) avec les données expérimentales (ou code lu) de manière à effectuer l'identification
- 5 de la matière à recycler contenue dans la particule 48 (bloc 6).

Dans le cas de marqueurs fluorescents, on peut envisager de procéder à une seconde mesure après un temps δt afin de vérifier la durée de la fluorescence.

- 10 Les traceurs utilisés peuvent être organiques ou inorganiques. Ils peuvent être à base de terres rares telles que le dysprosium, l'euporium, le samarium, yttrium...

- Quelques marqueurs utilisés et leurs caractéristiques sont présentés à titre
- 15 d'exemple dans le tableau ci-après :

- Les compagnies les commercialisant sont notamment "BASF" (marque déposée), "Bayer" (marque déposée), "Glowburg" (marque déposée), "Lambert Rivière" (marque déposée), "Phosphor Technology" (marque
- 20 déposée), "Rhodia" (marque déposée), SCPI,...

Marqueur	Longueur d'onde d'excitation $\lambda_{ex} + \Delta\lambda_{1/2}$	Longueur d'onde du pic d'émission $\lambda_{emax} + \Delta\lambda_{1/2}$ (nm)
A	300 ± 40	480 ± 6 572 ± 6
B	300 ± 40	562 ± 10 601 ± 6
C	335 ± 35	470 ± 85
D	365 ± 70	480 ± 90
E	350 ± 20	612 ± 3
F	380 ± 45	480 ± 75
G	365	610 ± 50

Il est à noter que les marqueurs ne se limitent pas à des marqueurs commerciaux, ils peuvent être synthétisés par synthèse totale ou dérivés de marqueurs commerciaux.

5

Un avantage important du procédé précédemment décrit consiste en ce qu'il permet de résoudre les problèmes liés à la détection et à l'extraction de matières éventuellement présentes en très petites quantités à l'intérieur d'un objet et qui ne sont pas (voir très difficilement) détectables par des moyens
10 classiques utilisables dans une installation de tri sélectif.

Dans le cas où la matière à recycler est contenue dans un boîtier, comme c'est le cas, par exemple d'un composant électronique, le marqueur pourra être prévu dans un revêtement appliqué sur le boîtier (par exemple, un vernis ou
15 une peinture).

Dans le cas d'une pièce en matière plastique non recouverte d'un enduit, le marqueur pourra être incorporé à la matière. Néanmoins, cette solution pose toutefois un problème dans le cas où la matière plastique contient une charge,
20 par exemple des pigments noirs ou foncés absorbant les rayons lumineux. Dans ce cas, il conviendra d'utiliser une source lumineuse de forte intensité émettant dans une plage de longueurs d'ondes dans laquelle l'absorption du rayonnement lumineux est minimum.

25 Eventuellement, il sera possible d'effectuer le marquage dans la couche de "gel coat" ou dans une couche de vernis ayant des propriétés réfléchissantes recouvrant la matière plastique pigmentée.

Revendications

1. Procédé pour le recyclage de matières provenant d'objets usagés, comprenant une séquence opératoire comportant les phases suivantes:

- une phase préalable dans laquelle on effectue une classification des matières à recycler, indépendamment des objets (12) dans lesquels ces matières sont censées être présentes avec l'attribution, pour chacune des matières classifiées, d'un code d'identification, détectable à distance sans contact,
- une phase de concentration des matières à recycler présentes dans lesdits objets, cette phase comprenant:
 - le broyage des objets (12) en particules (15) de dimensions prédéterminées en fonction de la nature desdits objets (12) et desdits composants,
 - la détection à distance de chacune des particules, l'identification de la matière à recycler et l'extraction des particules (26) ayant fait l'objet de la détection et de l'identification d'un marqueur, et l'extraction des particules ayant fait l'objet de la détection et de l'identification, et leur aiguillage dans une zone de stockage spécifique (27) de ladite matière à recycler,

caractérisé en ce que:

- le code d'identification signifie la présence d'au moins un marqueur chimique spécifique,
- il comprend une phase de marquage chimique sélectif des objets, des parties d'objets et/ou des composants des objets, incluant les matières à recycler, conformément à l'attribution affectée selon ladite classification,

- la détection à distance comprend la détection des marqueurs chimiques susceptibles d'être portés par chacune des particules, l'identification de la matière se fait grâce à l'analyse du marqueur.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la phase préalable comprend la saisie et la mise en mémoire de données d'identification spectrophotométriques desdits marqueurs.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la phase de marquage est effectuée lors de la fabrication de l'objet (12) ou lors d'une étape subséquente de la vie des objets (12).

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend, préalablement à la phase d'extraction, l'attribution aux marqueurs et donc aux matières à recycler, d'un classement par ordre de préférence, de manière à ce que, lorsque plusieurs marqueurs ont été détectés sur une même particule (17), cette particule (17) soit aiguillée en prenant en compte le marqueur dont le classement est le plus élevé.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les susdits marqueurs chimiques consistent en des marqueurs qui, lorsqu'ils sont excités par un rayonnement lumineux incident, émettent des rayonnements énergétiques dont les spectres de fréquence sont discernables les uns par rapport aux autres et par rapport aux objets et aux substances dans lesquelles ils sont destinés à être incorporés.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le susdit code d'identification résulte d'une combinaison de marqueurs et consiste en un nombre binaire dont les chiffres binaires correspondent chacun à la présence ou l'absence d'un marqueur.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'étape d'identification s'effectue par analyse spectrophotométrique des objets, particules d'objets, composants ou matières, issus du susdit broyage.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que la susdite analyse spectrophotométrique comporte les étapes suivantes:

- l'irradiation de l'objet ou de la particule marquée (48) à l'aide d'un faisceau lumineux à large spectre de fréquence,
- l'envoi des ondes transmises ou réfléchies par l'objet ou la particule sur un élément dispersif (41) qui les dévie de manière à obtenir un spectre lumineux de l'intensité lumineuse en différentes zones du spectre correspondant à des plages de longueurs d'ondes différentes,
- la détection de l'intensité lumineuse dans chacune desdites zones,
- la comparaison de cette intensité avec une ou plusieurs valeurs de seuil spécifiquement attribuées à cette zone et qui ont été préalablement enregistrées en mémoire,
- le résultat de cette comparaison contribuant à la détermination du code d'identification de la matière à recycler.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la détermination des zones du spectre à analyser, de même que les différents paramètres affectés à chacune de ces zones, sont effectués par le système, à partir des susdites données d'identification spectrophotométriques préalablement stockées en mémoire.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le susdit code d'identification comprend en outre des paramètres se rapportant à:

- la présence ou non de fluorescence, et/ou
- une durée de fluorescence supérieure ou inférieure à au moins une valeur de seuil, et/ou
- la présence ou l'absence d'un pic à une longueur d'onde préétablie ainsi, qu'éventuellement, l'amplitude et/ou la largeur de ce pic, et/ou
- des hauteurs de pic d'émission correspondant à une concentration de marqueurs supérieure ou inférieure à une ou plusieurs valeurs de seuil prédéfinies.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que, pour augmenter le nombre de combinaisons possibles, des concentrations différentes de marqueurs sont utilisées pour obtenir des raies d'intensité différente.

12. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'intensité lumineuse du susdit faisceau est asservie en fonction de l'écart entre la valeur de l'intensité lumineuse détectée dans une plage de fréquence prédéterminée non affectée par la présence des marqueurs et d'une valeur de consigne prédéterminée.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que l'un des marqueurs présents dans un code d'identification est utilisé en tant qu'étalon servant de référence pour la détermination de la présence, de l'absence et/ou de l'intensité des autres marqueurs, notamment en vue d'effectuer des corrections et des calibrages permettant de s'affranchir de bruits pouvant par exemple provenir de la composition de la particule ou de l'objet, des variations de positionnement telles que l'angle d'incidence, la distance à l'objet ou de matière transparente enveloppant ou entourant cette particule ou cet objet, ou d'une diminution du signal due à la présence de produits étrangers

(salissures, ...) ou d'une diminution éventuelle du signal résultant d'une exposition prolongée aux intempéries ou au vieillissement de l'objet.

14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'il comprend en outre:

- le choix préalable de l'un des susdits marqueurs et l'attribution de ce marqueur en tant qu'étalon à un type de produit ou de substance et/ou pour une période de temps prédéterminée,
- l'affectation à ce marqueur de données d'identification et de données spécifiques à sa fonction d'étalon et la mémorisation de ces données,
- lors d'une phase d'authentification, la détermination du marqueur utilisé en tant qu'étalon, à partir des données d'identification précédemment mémorisées, la comparaison de données relatives à ce marqueur étalon obtenues lors de l'analyse spectrophotométrique de l'objet ou de la particule, avec les susdites données spécifiques précédemment mémorisées,
- le calcul de correction à apporter à l'analyse spectrophotométrique à partir du résultat de cette comparaison,
- la détection de la présence, de l'absence et/ou de l'intensité des marqueurs à partir des résultats de l'analyse spectrophotométrique corrigée,
- la détermination du code d'authentification de l'objet ou de la substance à partir de la présence, de l'absence et/ou de l'intensité desdits marqueurs.

Fig. 1

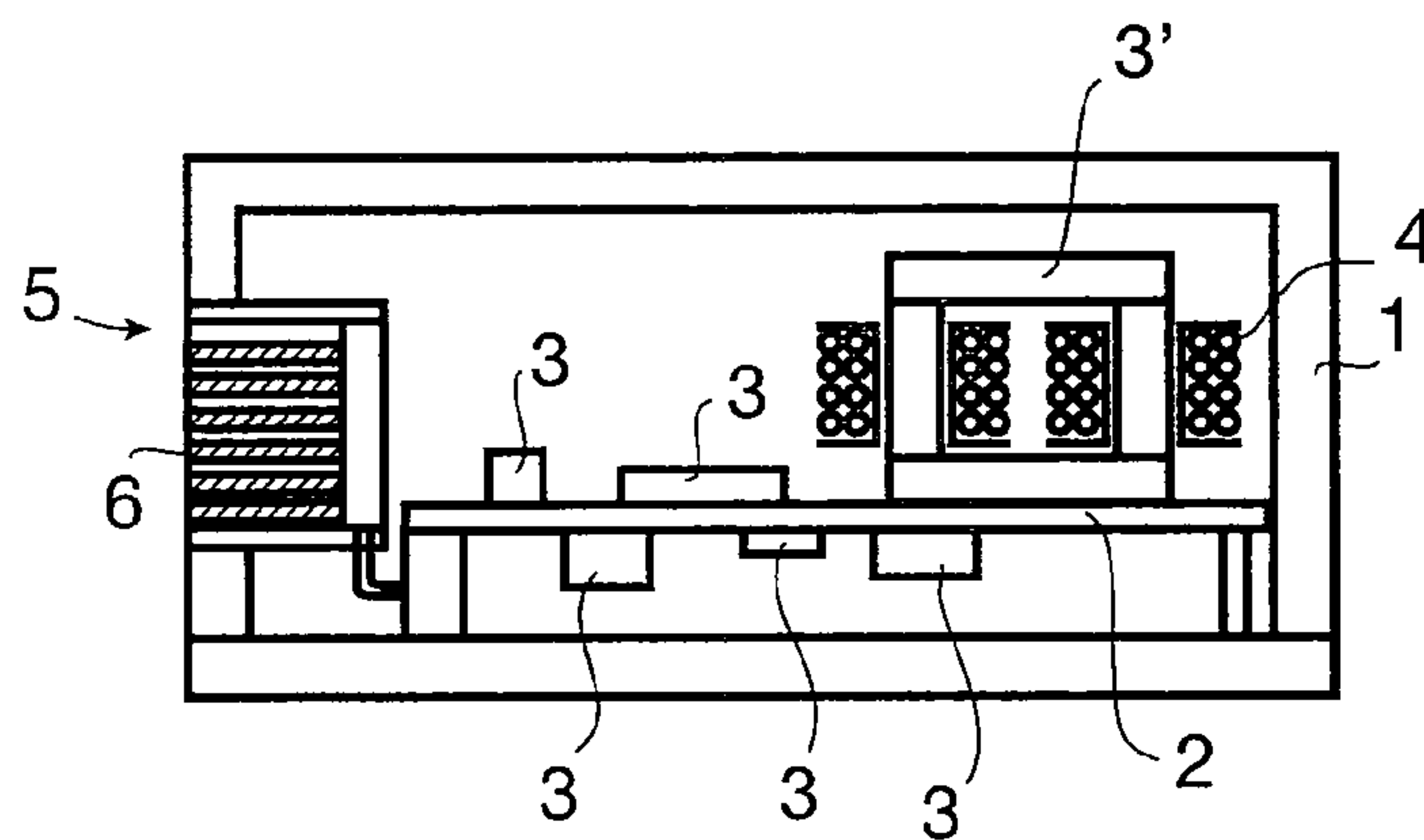


Fig. 2

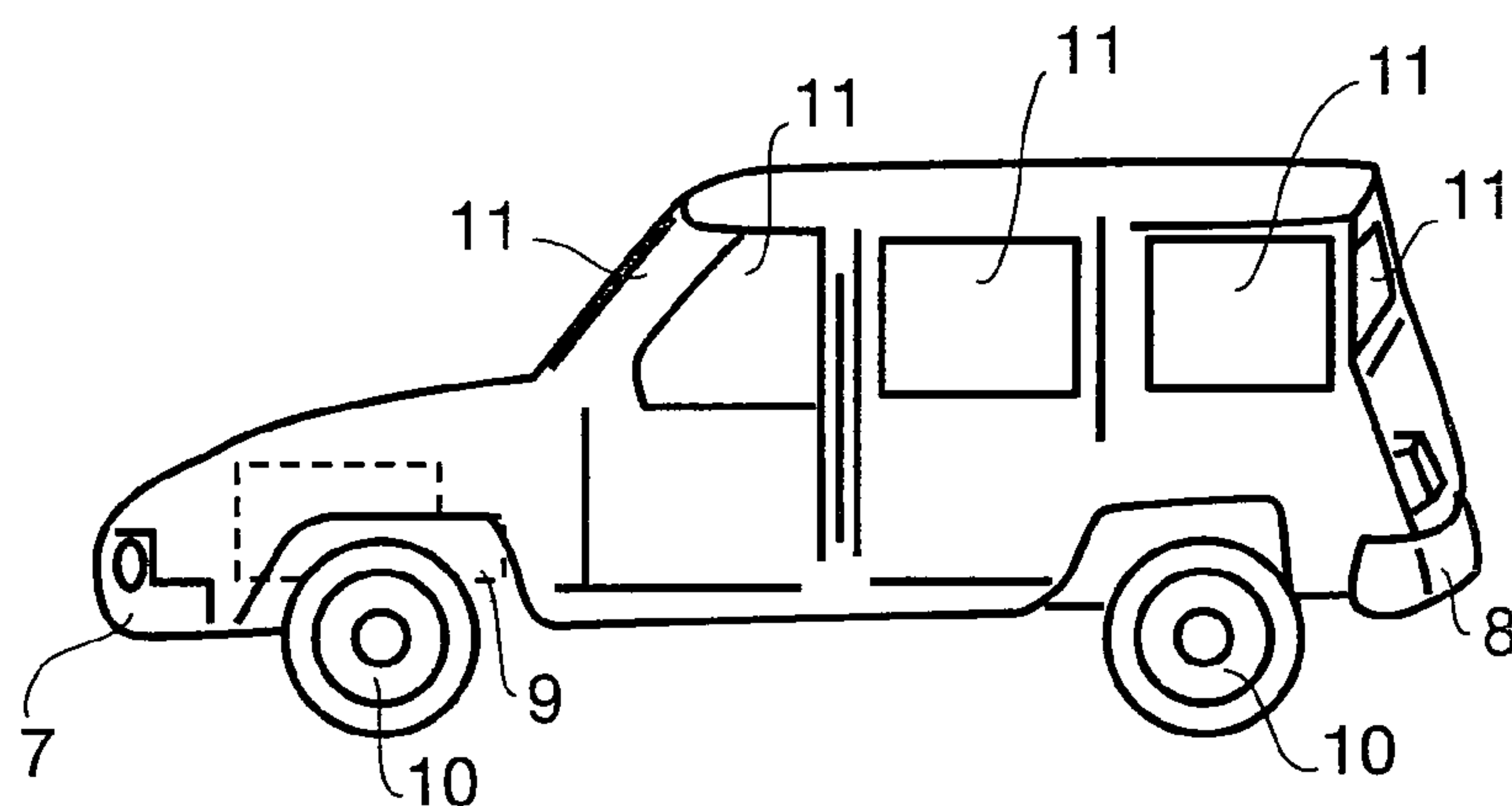


Fig. 3

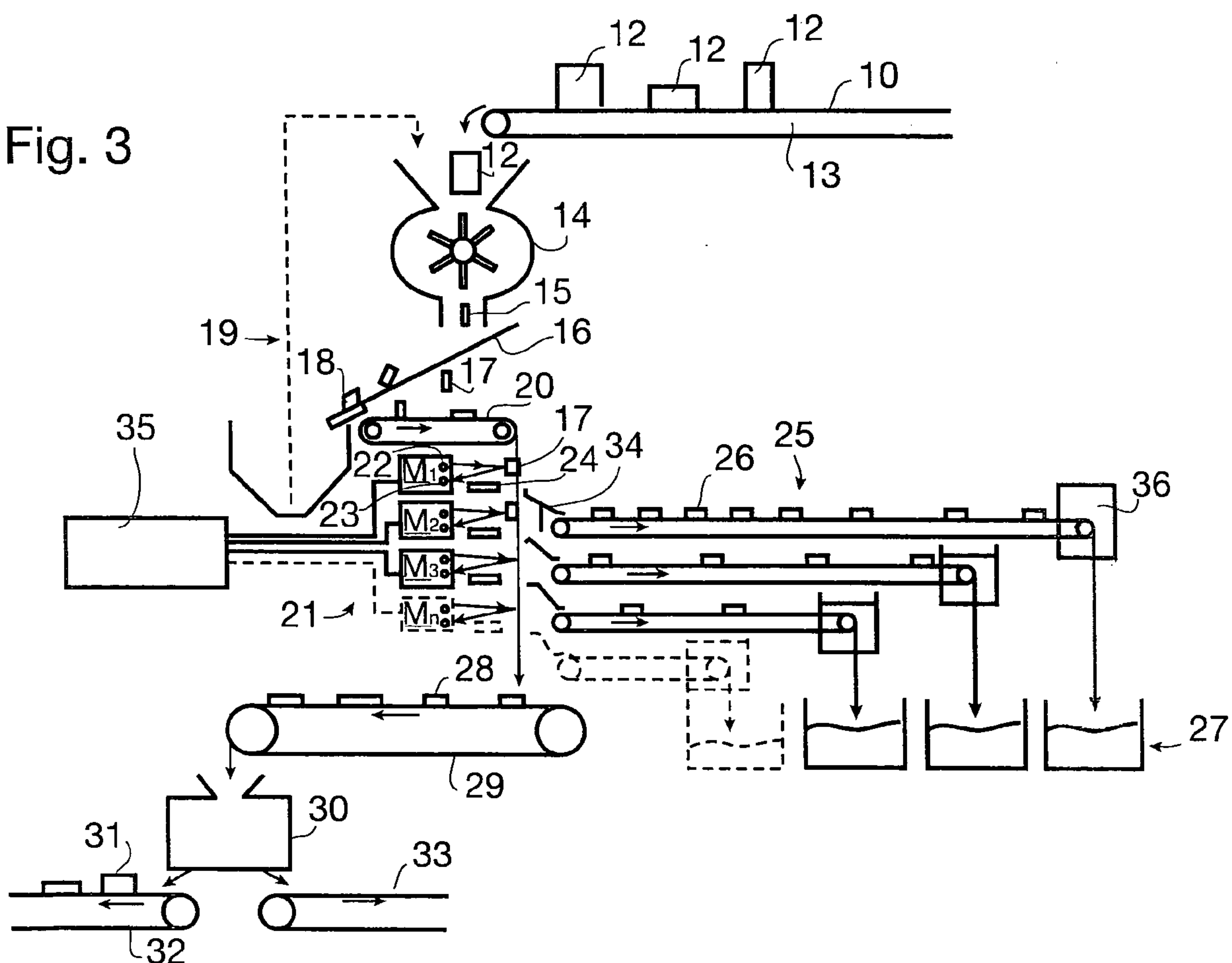


Fig. 4

