



(72) ALEXANDRE, PATRICK, FR

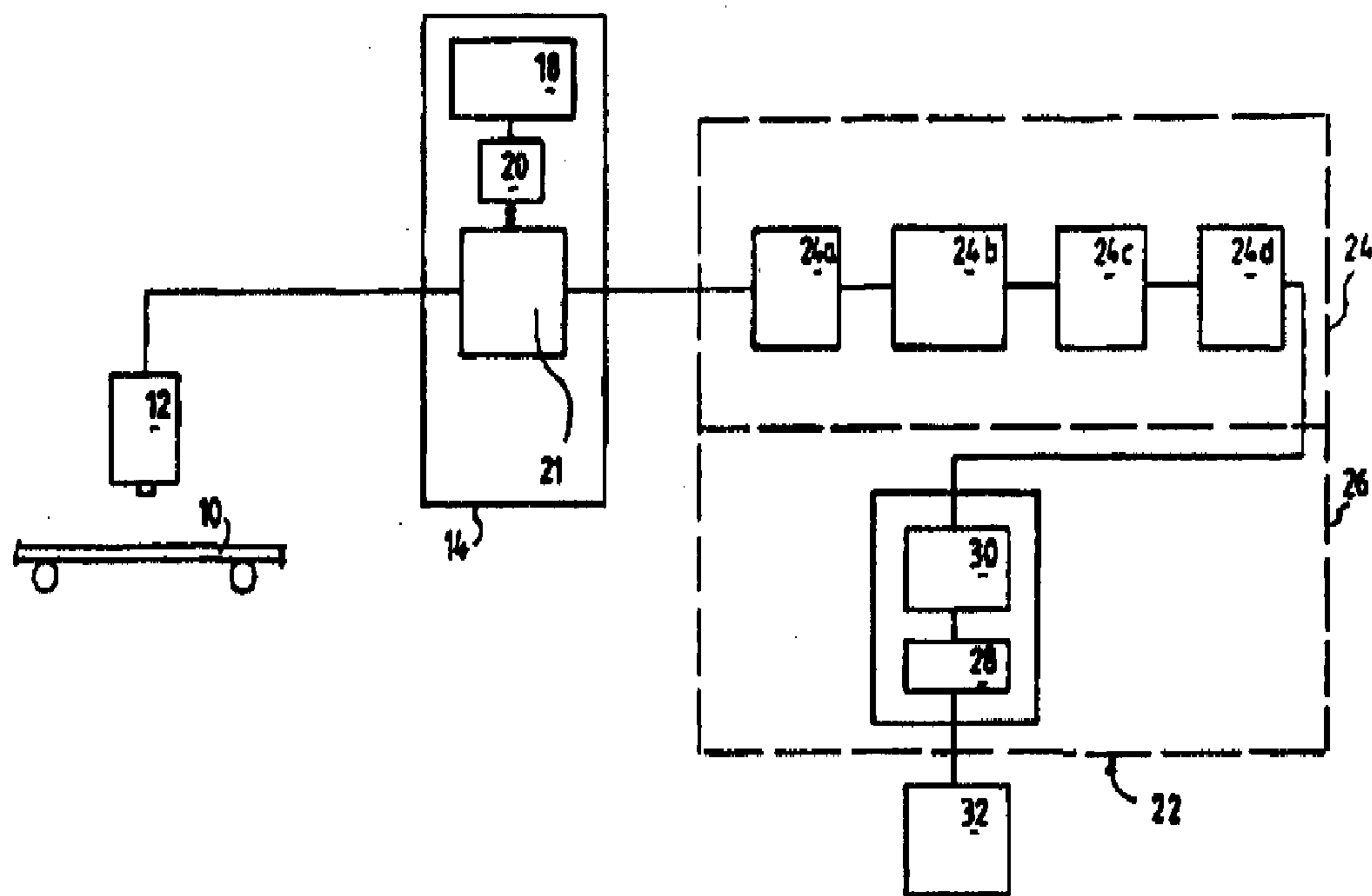
(71) SOLLAC, FR

(51) Int.Cl.⁶ G01N 21/89

(30) 1997/03/28 (97/03896) FR

(54) **PROCEDE D'INSPECTION DE SURFACE D'UNE BANDE EN
DEFILEMENT PAR SEGMENTATION D'IMAGE EN ZONES
SUSPECTES**

(54) **METHOD FOR EXAMINING DOUBTFUL ZONES ON THE
SURFACE OF AN UNWINDING STRIP BY IMAGE
SEGMENTATION**



(57) Dans ce procédé d'inspection de surface d'une bande (10) en défilement, pour la détection de défaut de surface, on forme au moins une image numérique d'au moins une face de la bande (10), constituée d'un ensemble d'éléments d'image affectés chacun d'une valeur numérique, on filtre l'image numérique pour la détection d'irrégularités de surface, et on traite l'image numérique filtrée pour l'identification du type de défaut de surface de la bande (10). Préalablement à l'étape de traitement de l'image numérique, on segmente l'image numérique en zones suspectes contenant chacune une irrégularité de surface, ladite étape de traitement d'image étant effectuée sur lesdites zones suspectes.

(57) The invention concerns a method for examining the surface of an unwinding strip (10), to detect surface fault which consists in the following steps: forming at least a digital image of the strip (10), consisting of a set of image elements each with an assigned digital value; filtering the digital image to detect surface defects; and processing the filtered digital image to identify the type of surface fault in the strip (10). Previous to the digital image processing step, segmenting the digital image into doubtful zones each containing a surface defect, said image processing step being carried out on said doubtful zones.

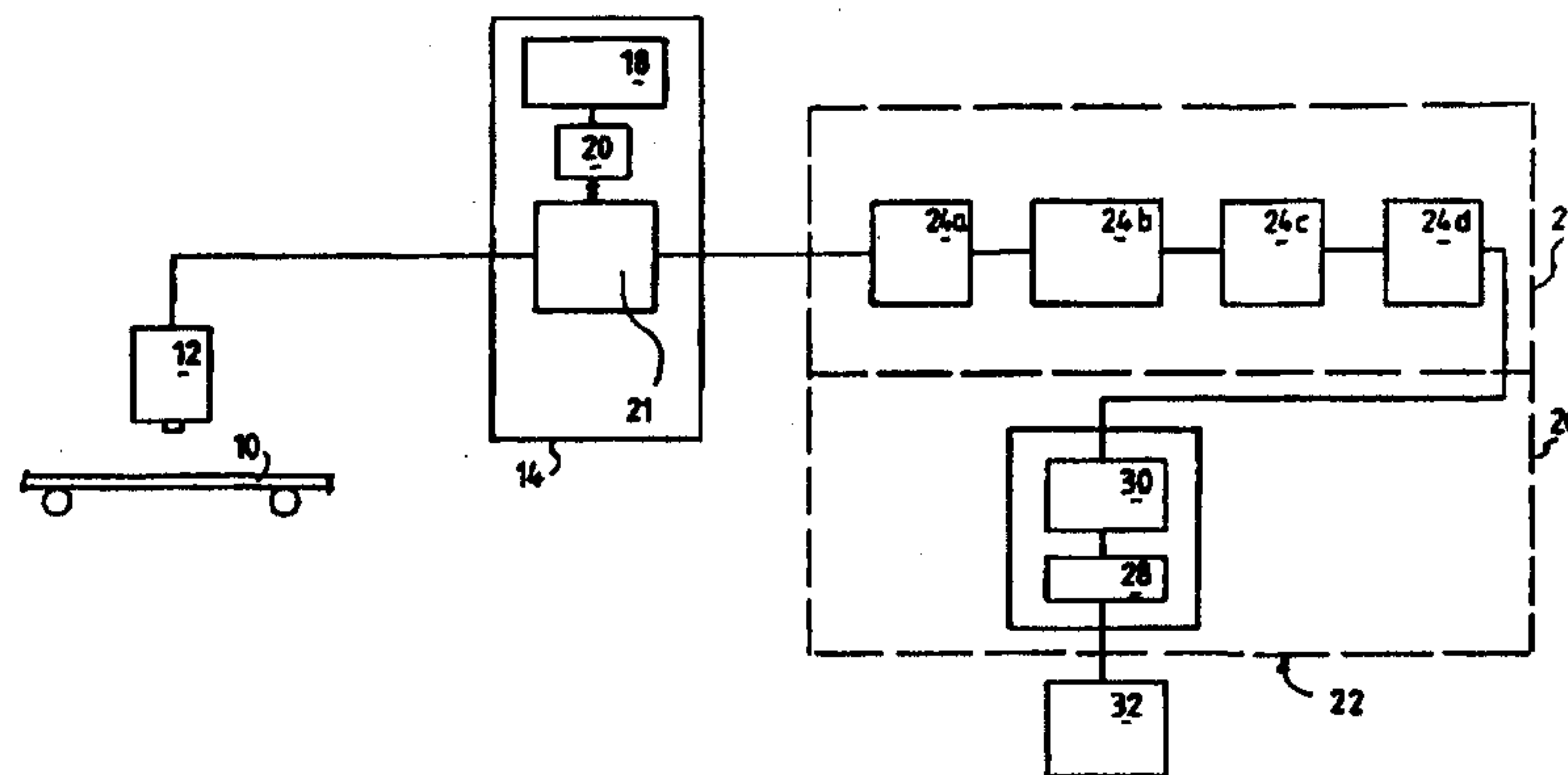
PCTORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE
Bureau international

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁶ : G01N 21/89	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 98/44336 (43) Date de publication internationale: 8 octobre 1998 (08.10.98)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR98/00602 (22) Date de dépôt international: 25 mars 1998 (25.03.98) (30) Données relatives à la priorité: 97/03896 28 mars 1997 (28.03.97) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): SOLLAC [FR/FR]; Immeuble "La Pacific", La Défense 7, 11/13, cours Valmy, F-92800 Puteaux (FR). (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement): ALEXANDRE, Patrick [FR/FR]; 14, avenue de la Libération, F-70100 Gray (FR). (74) Mandataire: MONCHENY, Michel; Cabinet Lavoix, 2, place d'Estienne d'Orves, F-75441 Paris Cedex 09 (FR).		(81) Etats désignés: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, GW, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG). Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i> <i>Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues.</i>

(54) Title: METHOD FOR EXAMINING DOUBTFUL ZONES ON THE SURFACE OF AN UNWINDING STRIP BY IMAGE SEGMENTATION

(54) Titre: PROCEDE D'INSPECTION DE SURFACE D'UNE BANDE EN DEFILEMENT PAR SEGMENTATION D'IMAGE EN ZONES SUSPECTES

**(57) Abstract**

The invention concerns a method for examining the surface of an unwinding strip (10), to detect surface fault which consists in the following steps: forming at least a digital image of the strip (10), consisting of a set of image elements each with an assigned digital value; filtering the digital image to detect surface defects; and processing the filtered digital image to identify the type of surface fault in the strip (10). Previous to the digital image processing step, segmenting the digital image into doubtful zones each containing a surface defect, said image processing step being carried out on said doubtful zones.

(57) Abrégé

Dans ce procédé d'inspection de surface d'une bande (10) en défilement, pour la détection de défaut de surface, on forme au moins une image numérique d'au moins une face de la bande (10), constituée d'un ensemble d'éléments d'image affectés chacun d'une valeur numérique, on filtre l'image numérique pour la détection d'irrégularités de surface, et on traite l'image numérique filtrée pour l'identification du type de défaut de surface de la bande (10). Préalablement à l'étape de traitement de l'image numérique, on segmente l'image numérique en zones suspectes contenant chacune une irrégularité de surface, ladite étape de traitement d'image étant effectuée sur lesdites zones suspectes.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

"Procédé d'inspection de surface d'une bande en défilement
par segmentation d'image en zones suspectes".

La présente invention est relative à un procédé d'inspection de surface d'une bande en défilement, en particulier une tôle laminée défilant à grande vitesse, ainsi qu'à une installation d'inspection de surface mettant en
5 oeuvre un tel procédé.

Une première technique classique d'inspection de surface d'une tôle consiste à effectuer un contrôle visuel de la surface de la bande. Une telle technique est très contraignante pour l'opérateur et nécessite en outre de faire
10 passer la bande dans une ligne spécifique d'une chaîne de laminage, dans laquelle elle défile à vitesse réduite. Cette technique a pour inconvénient de réduire considérablement le rendement de la chaîne de laminage.

Une autre technique connue d'inspection de surface
15 consiste à contrôler l'état de surface de la bande de façon automatique au moyen d'une caméra de prise de vues et d'une unité de traitement de signaux pour l'analyse en temps réel des images délivrées par la caméra de prise de vues.

Dans un procédé de ce type, on forme au moins une
20 image numérique d'au moins une des faces de la bande, constituées d'un ensemble de lignes successives d'éléments d'image affectés chacun d'une valeur numérique, on filtre ladite au moins une image numérique pour la détection d'irrégularités de surface, par détection de variations relatives desdites
25 valeurs numériques, et l'on traite ladite au moins une image numérique filtrée pour l'identification du type de défaut de surface de la bande.

Ce type de technique d'inspection de surface permet de contrôler des bandes défilant à des vitesses très supérieures
30 aux vitesses utilisées dans les techniques d'inspection par contrôle visuel.

Toutefois, les images numériques formées se présentent sous la forme d'images successives qui sont susceptibles de couper certains défauts.

35 Ainsi, les défauts coupés risquent d'être mal identifiés, et d'être identifiés comme étant des défauts séparés.

Tel est également le cas lorsque les défauts de surface se présentent sous une forme segmentée.

Un but de l'invention est de pallier cet inconvénient.

Un autre but de l'invention est de fournir un procédé d'inspection de surface et une installation d'inspection de surface correspondante permettant d'inspecter des surfaces
5 défilant à grande vitesse.

Elle a donc pour objet un procédé d'inspection de surface d'une bande en défilement, pour la détection de défaut de surface, comprenant les étapes consistant à former, à l'aide de moyens de prise de vues, au moins une image
10 numérique d'au moins une des faces de la bande, constituée d'un ensemble de lignes successives d'éléments d'images, affectés chacun d'une valeur numérique, filtrer ladite au moins une image numérique pour la détection d'irrégularités de surface, par détection de variations relatives desdites
15 valeurs numériques, segmenter ladite au moins une image numérique en zones suspectes de sorte que chaque zone suspecte contienne une irrégularité de surface, et traiter les zones suspectes pour l'identification du type de défaut de surface correspondant à chaque irrégularité détectée, caractérisé en
20 ce que l'étape de segmentation de ladite au moins une image consiste à calculer un premier profil de variation des valeurs numériques des éléments d'image dans une première direction, à seuiller ledit profil calculé de manière à délimiter des bandes d'éléments d'image présentant chacune au moins une
25 irrégularité de surface, à calculer, pour chaque bande délimitée, un deuxième profil de variation des valeurs numériques dans une deuxième direction distincte de la première direction, et à seuiller ledit deuxième profil calculé pour délimiter lesdites zones suspectes contenant chacune une
30 irrégularité de surface.

Ainsi, la segmentation des images ne se faisant plus de façon arbitraire, mais en fonction de l'apparition d'irrégularités de surface, les défauts ne sont plus susceptibles d'être coupés par le traitement d'images.

35 Le procédé selon l'invention peut en outre comporter une ou plusieurs caractéristiques suivantes:

- postérieurement à l'étape de segmentation des images en zones suspectes, on calcule, pour chaque zone, la surface individuelle de portions de la zone, constituées chacune

d'éléments d'image représentant un segment d'irrégularité, et on élimine les segments d'irrégularité dont la surface est inférieure à un seuil prédéfini ;

- 5 - ladite étape de formation d'images comprend la formation d'un ensemble d'images de parties successives de la bande en défilement, sous forme de lignes et de colonnes d'éléments d'images, et la fusion desdites images en une image, en mémorisant lesdites lignes dans une mémoire à des adresses successives;
- 10 - ladite étape de calcul dudit premier profil comprend le calcul de la somme des valeurs numériques de chaque colonne d'éléments d'image, ladite étape de calcul dudit deuxième profil comprend le calcul, pour chaque bande, de la somme des valeurs numériques de chaque ligne d'éléments d'image ;
- 15 - postérieurement à l'étape de filtrage de l'image mémorisée, on délimite dans ladite mémoire une zone de stockage, en réponse à une détection d'un élément d'image d'une irrégularité, dans laquelle sont stockées des lignes d'éléments d'image successivement délivrées par les moyens de
- 20 prise de vues et comportant au moins un élément d'image correspondant à au moins une irrégularité, ladite étape de segmentation étant effectuée sur chaque zone de stockage;
- la zone de stockage, ouverte dans la mémoire en réponse à une détection d'un élément d'image d'une
- 25 irrégularité, est fermée dès qu'aucun élément d'image d'au moins une irrégularité n'est plus détecté dans un nombre prédéterminé de lignes d'éléments d'image ;
- le procédé comporte en outre une étape de détection de zones de stockage de grande longueur, par comparaison du
- 30 nombre de lignes d'élément d'image, stockées dans chaque zone de stockage, avec un seuil prédéterminé de détection de zones de stockage de grande longueur, ladite zone de stockage étant fermée en cas de dépassement dudit seuil ;
- postérieurement à l'étape de segmentation d'image en
- 35 zones suspectes, on forme un groupe de zones suspectes en appariant des zones suspectes de zones de stockage successives, dont au moins l'une est une zone de stockage de grande longueur, et correspondant à une même irrégularité, et lorsque le nombre total des lignes d'éléments d'image des

zones suspectes dudit groupe est supérieur à un seuil de détection de défaut de grande longueur, on effectue l'étape de traitement d'image sur l'une desdites zones suspectes dudit groupe et l'on affecte le résultat du traitement aux autres
5 zones suspectes dudit groupe.

L'invention a également pour objet une installation d'inspection de surface pour la mise en oeuvre d'un procédé tel que défini ci-dessus, caractérisée en ce qu'elle comporte une installation d'inspection de surface d'une bande en
10 défilement pour la mise en oeuvre d'un procédé d'inspection, caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens de prise de vues d'au moins une des faces de la bande, une mémoire pour le stockage d'au moins une image de la bande sous forme de lignes et de colonnes d'éléments d'image associés chacun à une valeur
15 numérique, un circuit de filtrage de ladite au moins une image numérique pour la détection d'irrégularités de surface par détection de variations relatives desdites valeurs numériques et une unité de traitement des signaux issus du dispositif de filtrage, comprenant un premier étage de segmentation de
20 ladite au moins une image numérique en zones suspectes présentant chacune une irrégularité de surface et un deuxième étage de traitement d'image de zones suspectes pour l'identification du type de défaut de surface correspondant à ladite irrégularité, et en ce que le premier étage de segmentation
25 comporte des premiers moyens de calcul d'un premier profil de variation des valeurs numériques des éléments d'image dans une première direction, et des deuxièmes moyens de calcul d'un deuxième profil de variation des valeurs numériques dans une deuxième direction distincte de la première direction.

30 Cette installation peut en outre comporter les caractéristiques suivantes, prises isolément ou leur combinaison :

- ledit étage de segmentation comporte des premiers moyens de calcul de la somme des valeurs numériques des
35 éléments d'image de chaque colonne d'élément d'image pour l'élaboration d'un premier profil de variation des valeurs numériques et des deuxièmes moyens de calcul de la somme des valeurs numériques des éléments d'image de chaque ligne pour

l'élaboration d'un deuxième profil de variation desdites valeurs numériques;

5 - l'installation comporte en outre des moyens de filtrage desdits profils, associés auxdits premier et deuxième moyens de calcul, et des moyens de seuillage reliés auxdits moyens de filtrage pour la délimitation desdites zones suspectes ;

10 - l'installation comporte, disposés en sortie du circuit de filtrage et reliés à la mémoire, des moyens de gestion de l'adressage des éléments image dans ladite mémoire, adaptés pour délimiter dans celle-ci des zones de stockage adaptées pour l'enregistrement de lignes successives d'éléments d'image comportant chacune au moins un élément d'image correspondant à au moins une irrégularité, lesdites
15 zones de stockage ayant chacune une capacité maximale ;

- l'unité de traitement comporte en outre des moyens de calcul du nombre de lignes d'éléments d'image de zones suspectes stockées dans des zones de stockage successives et correspondant à une même irrégularité et des moyens de
20 comparaison dudit nombre de lignes avec un seuil de détection de défaut de grande longueur.

D'autres caractéristiques et avantages ressortiront de la description suivante, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

25 - la figure 1 est un schéma général d'un mode de réalisation d'une installation d'inspection de surface selon l'invention ;

- la figure 2 représente une partie d'une image délivrée par les moyens de prise de vues de l'installation de
30 la figure 1 et stockée dans la mémoire ;

- les figures 3a à 3e représentent différentes images de la surface d'une bande pendant une étape de division d'images ;

- la figure 4 est un organigramme illustrant le
35 fonctionnement général de l'installation de la figure 1;

- la figure 5 est un organigramme montrant les différentes étapes de traitement des images numériques filtrées ;

- les figures 6a et 6b sont des schémas montrant, en fonction de la longueur et de la largeur des défauts de surface les différentes classes de défauts, respectivement pour un produit semi-fini (DKP) et pour un produit galvanisé ;
5 et

- la figure 7 est un organigramme montrant les étapes d'un programme d'analyse de défaut de surface détectés.

L'installation représentée sur la figure 1 est destinée à la détection de défaut de surface d'une bande 10 en cours de défilement à grande vitesse, par exemple une tôle laminée sortant d'une ligne de laminage.

Les surfaces de la tôle 10 sont inspectées au moyen d'un appareil de prise de vues 12 délivrant à un étage de filtrage 14 des images numériques de la surface de la bande.-

15 Dans l'exemple de réalisation représenté, l'installation comporte un seul appareil de prise de vues 12 braqué sur une des surfaces de la bande, mais bien entendu, l'installation peut être équipée de deux appareils de vues adaptés pour former des images de chaque surface de la bande
20 10.

L'appareil de prise de vues 12 peut être constitué par tout type d'appareil approprié pour l'utilisation envisagée, dont la largeur de champ est sensiblement égale à la largeur de la zone d'inspection de la bande 10, laquelle zone
25 d'inspection pouvant être constituée par la totalité de la largeur de bande. Il peut ainsi être constitué soit par une ou plusieurs caméras matricielles délivrant des images de longueur finie, en considérant le sens de défilement de la bande, soit par une caméra ou plusieurs caméras linéaires
30 délivrant des images de longueur infinie.

Dans le cas où une caméra matricielle ou linéaire ne suffit pas pour couvrir toute la largeur de la zone d'inspection de la bande, on utilise plusieurs caméras réparties sur la largeur de la bande.

35 En référence à la figure 2, l'appareil de prise de vues 12 forme des lignes i de M éléments d'image $I_{i,j}$, ou pixels, adressables, pour un repère des pixels selon la longueur de la bande 10, par ligne n° i et, selon la largeur,

par colonne n°j d'éléments d'image, chaque élément d'image étant associé à une valeur numérique représentative d'un niveau de gris.

Les lignes d'éléments d'image sont stockées dans une
5 mémoire 18 de l'étage de filtrage sous la commande d'un circuit 20 de gestion.

Selon un premier exemple, l'appareil de prise de vues est constitué par une caméra linéaire délivrant à la mémoire 18 10.000 lignes de 2048 pixels par seconde, ces lignes étant
10 stockées dans la mémoire à des adresses successives.

Selon un autre exemple, l'appareil de prise de vues est constitué par deux caméras matricielles réparties sur la largeur de la bande pour couvrir la largeur de la bande et adaptées pour prendre 10 images/s. Chaque image délivrée par
15 une seule caméra est constituée par 1024 lignes de 1024 pixels, délivrées à la mémoire 18.

Ainsi, le système de prise de vues débite en permanence des lignes d'éléments d'image, chaque élément d'image étant associé à une valeur numérique représentant un
20 niveau de gris. On conçoit qu'il est cadencé par ligne s'il s'agit d'une caméra linéaire et cadencé par groupe de lignes s'il s'agit d'une caméra matricielle.

En se référant à nouveau à la figure 1, on voit que l'étage de filtrage 14 comporte en outre un circuit de
25 filtrage 21 constitué par un opérateur de traitement d'images assurant la détection de variations relatives des valeurs numériques des éléments d'image ou pixels pour la détection d'irrégularités de surface.

De préférence, le circuit de filtrage est constitué
30 par un circuit de détection de contour, par exemple un détecteur de type "Prewitt", détectant des variations de niveaux de gris entre des éléments d'image situés à proximité les uns des autres, ce qui permet de détecter des zones de la tôle 10 présentant des irrégularités de surface.

35 Comme le montre la figure 1, la sortie du circuit de filtrage 14 est reliée à une unité de traitement de signaux 22 comportant un premier étage 24 de segmentation des images numériques en zones d'éléments d'image délimitant chacune une

irrégularité de surface détectée par l'étage de filtrage 14, et un deuxième étage 26 de traitement de signaux, constitué par un circuit de calcul 28 associé à une mémoire 30 correspondante, dans laquelle sont stockés des algorithmes de traitement pour la reconnaissance et l'identification de défaut de surface, pour chaque zone présentant une irrégularité de surface.

L'installation représentée sur la figure 1 est en outre munie d'un dispositif de visualisation 32 connecté en sortie de l'unité de traitement 22 dont une entrée est connectée à une sortie du circuit de calcul 28 et permettant la visualisation des défauts de surface détectés, associés à des informations relatives au type de défaut et à des paramètres représentatifs de la gravité de ces défauts, comme cela sera décrit en détail par la suite.

La description du fonctionnement de l'installation qui vient d'être décrite va maintenant être faite en référence aux figures 2 à 7.

Sur la figure 3a, on a représenté une partie de la tôle 10 qui présente un ensemble d'irrégularités de surface tel que 34.

Le champ de l'appareil de prise de vues 12 couvre de préférence toute la largeur de la bande 10. En référence à la figure 4, au cours d'une première étape 36, l'appareil de prise de vues prend des lignes successives d'éléments d'images de la surface de la bande 10, ces éléments d'image étant stockés, dans la mémoire 18, associés à une valeur de niveau de gris.

Au cours de cette première étape 36 de prise de vues, le circuit de gestion 20 effectue, le cas échéant, une fusion des images délivrées par l'appareil de prise de vues 12, en regroupant les pixels successifs, d'une part dans le sens de la largeur de la bande 10 dans le cas où plusieurs caméras sont utilisées pour couvrir toute la largeur de la zone d'inspection, pour obtenir dans la mémoire 18 une image dont la largeur correspond à celle de la zone inspectée, et, d'autre part, dans le sens de la longueur de la bande 10, dans le cas où l'appareil de prise de vues 12 utilise une ou

plusieurs caméras matricielles, en fusionnant les groupes de lignes de pixels successivement délivrés.

L'image, stockée dans la mémoire 18, dénommée par la suite "image brute", est constituée d'un ensemble d'éléments d'images $I_{i,j}$, i désignant l'adresse de la ligne dans la mémoire, variant de 1 à N , et j désignant le numéro d'un élément d'image de chaque ligne et variant de 1 à M , M étant égal à par exemple 2048, chaque élément d'image étant associé à une valeur numérique de niveau de gris.

Il est à noter que la valeur N dépend de la capacité de la mémoire. Cette capacité doit être adaptée pour la mémorisation d'un nombre suffisant de lignes eu égard au traitement ultérieur à réaliser. Par exemple, pour la mémorisation d'une image correspondant à une longueur de 15 m de tôle avec un nombre de lignes d'éléments d'image égal à 1024/m, N est de préférence égal à 15360 lignes.

Lorsque la capacité de la mémoire est saturée, des lignes arrivant successivement sont mémorisées à la place de lignes de pixels les plus anciennes et préalablement mémorisées et normalement traitées.

Lorsque la mémoire 18 est saturée et que lesdites lignes de pixels les plus anciennes n'ont pas été traitées, une alarme de saturation est émise pour indiquer qu'une zone de la bande ne sera pas inspectée.

Dans ce cas, on repère sur la bande la zone non inspectée, par identification et mémorisation dans un fichier des lignes successives non mémorisées, en vue par exemple d'une analyse statistique de portions de la bande non inspectées.

Toutefois, compte tenu de la vitesse moyenne de défilement de bande et de la densité moyenne d'irrégularités de surface à identifier pour un type de bande donné, on peut déterminer une puissance moyenne de calcul nécessaire correspondant à une vitesse de traitement moyenne au delà de laquelle on ne risque plus, en pratique, d'effacer des lignes non traitées.

De préférence, on dimensionne donc les modules de traitement pour que la vitesse instantanée de traitement soit supérieure à cette vitesse moyenne.

Ainsi, outre son rôle de fusion des images, la mémoire 18 assure un rôle de tampon permettant d'encaisser de variations, et en particulier des augmentations, de la charge de traitement due à une augmentation de la densité d'irrégularités de surface.

Au cours de l'étape 38 suivante, on associe à chaque image stockée dans la mémoire 18, une image binaire représentant des lignes de contour d'irrégularités de surface.

Pour ce faire, au cours de cette étape, les lignes successives d'éléments d'image brute sont filtrées par le circuit de filtrage 21, constitué comme mentionné précédemment par exemple par un filtre bidirectionnel de Prewitt de type classique, ayant pour fonction de détecter des variations de niveaux de gris des éléments d'image brute traduisant l'existence d'irrégularités de surface en vue de la détermination de leur contour inscrit dans l'image binaire associée.

Dans le mode de réalisation décrit, on considère que le filtre employé est un filtre de Prewitt, mais bien entendu, tout autre type de filtre adapté pour l'utilisation envisagée peut également être utilisé.

Le filtre de Prewitt assure un repérage de la position du contour d'irrégularité de surface en détectant, sur chaque ligne d'une image brute, des éléments d'image susceptibles d'appartenir à une ligne de contour d'irrégularité, ces éléments d'images étant désignés par la suite "pixels suspects".

Le filtre qu'on utilise ici affecte une valeur numérique "1" à chaque élément d'image binaire associé à chaque pixel suspect de l'image brute délivrée par l'appareil de prise de vues 12, les autres pixels de l'image binaire étant maintenus à 0.

Cette étape 38 de filtrage permet ainsi de former dans la mémoire 18 une image binaire constituée d'un ensemble d'éléments d'image binaires $B_{i,j}$ à chacun desquels est affectée une valeur binaire égale à 1 pour un pixel appartenant à un contour d'une irrégularité et égale à une valeur nulle pour un pixel n'appartenant pas à un contour d'une irrégularité de surface.

Au cours de l'étape 40 suivante, l'image binaire stockée dans la mémoire 18 est traitée à l'aide d'un opérateur classique de connectivité qui applique un masque à cette image pour forcer à la valeur numérique "1" des pixels de l'image binaire ayant une valeur nulle et situés entre deux éléments d'image suspects relativement proches, en vue d'obtenir et de définir des lignes continues pour chaque contour détecté.

Après avoir subi ce traitement, les images brutes et binaires sont nettoyées pour éliminer les taches délimitées par un contour dont la surface est inférieure à un seuil déterminé, par exemple de 3x3 pixels. On obtient alors une image binaire, superposée à l'image brute délivrée par l'appareil de prise de vues 12, et montrant les contours délimitant les irrégularités de surface détectées dans l'image brute. L'image binaire et l'image brute sont alors prêtes au traitement.

Au cours de l'étape 42 suivante, le circuit de gestion 20 analyse successivement chaque ligne de l'image binaire mémorisée, pour la détection des éléments binaires de valeur "1", c'est-à-dire suspects. Dès qu'un pixel suspect est détecté, le circuit de gestion 20 repère le numéro de la ligne correspondante, ouvre une zone de stockage de capacité prédéterminée sous la forme d'une fenêtre dans la mémoire 18 (étape 44) à partir de ce numéro de ligne et maintient cette fenêtre ouverte tant que le circuit de gestion détecte des pixels suspects dans les lignes suivantes.

Cette fenêtre, désignée par la suite par "fenêtre suspecte", contient ainsi des pixels suspects, c'est-à-dire susceptibles d'appartenir à une irrégularité de surface.

Le circuit de gestion 20 referme la fenêtre suspecte dès qu'aucun pixel suspect n'est plus détecté dans un nombre prédéterminé de lignes successives de l'image binaire, en enregistrant le numéro de la dernière ligne dans laquelle on a repéré un pixel suspect.

La fenêtre suspecte ainsi définie dans la mémoire 18 représente un segment d'image brute, associé à un segment d'image binaire correspondant, et contient au moins une irrégularité de surface que l'on cherche à identifier et à reconnaître.

En particulier, la fenêtre, ouverte lors de l'étape 44, est maintenue ouverte tant que le nombre des dernières lignes successives d'éléments d'image stockées dans ladite fenêtre ne contenant pas de pixel suspect ne dépasse pas un
5 nombre de seuil prédéterminé de lignes binaires successives, ce seuil étant au moins égal à 1.

Ainsi, au cours de l'étape 45 suivante, le nombre des lignes successives d'éléments d'image ne contenant pas de pixel suspect est comparé à ce nombre de seuil et, en cas
10 d'égalité, la fenêtre suspecte est fermée (étape 46).

Par ailleurs, lors de l'étape 47, le nombre de lignes enregistrées dans la fenêtre ouverte est comparé à un seuil prédéterminé dit de "détection de fenêtre de grande longueur" ou de "détection d'un défaut long".

15 Ce seuil prédéterminé correspond à la capacité maximale prédéterminée des zones de stockage dans la mémoire 18.

Si le nombre de lignes enregistrées est supérieur à ce seuil, la fenêtre est fermée (étape 48) et l'on décide, lors
20 de l'étape 50 suivante, que la fenêtre est une fenêtre dite "suspecte de grande longueur", qui contient une irrégularité de surface dont le nombre de lignes d'éléments d'image est supérieur au seuil de détection de défaut long.

On notera également que, dans l'exemple de réalisation
25 décrit, les fenêtres suspectes sont ouvertes de façon successive.

Le procédé d'inspection de surface se poursuit par des phases de division des fenêtres suspectes stockées dans la mémoire 18 en zones dites "zones suspectes" présentant chacune
30 une irrégularité de surface, en utilisant soit la composante correspondant à l'image brute, soit la composante correspondant à l'image binaire.

Pour ce faire, l'étape 24 réalise, au cours des étapes 58 à 64 suivantes, un calcul, à l'aide de moyens appropriés,
35 par exemple des moyens logiciels, du profil d'accumulation des valeurs numériques ou des valeurs binaires, respectivement pour chaque image brute ou chaque image binaire, d'une part dans le sens longitudinal et, d'autre part, dans le sens de la largeur, par projection des valeurs numériques ou des valeurs

binaires selon deux axes perpendiculaires et par seuillage des profils de manière à délimiter des zones suspectes incorporant chacune une irrégularité de surface.

5 Bien que le calcul de ce profil puisse être effectué à partir des valeurs numériques associées aux éléments d'image de l'image brute ou à partir des valeurs binaires de l'image stockée après traitement, dans la suite de la description, on considérera que le traitement de l'image est effectué à partir de l'image binaire.

10 Cette opération de calcul débute par une phase de segmentation de chaque fenêtre suspecte en bande suspecte englobant des irrégularités, chaque bande étant ensuite segmentée en une ou plusieurs zones suspectes.

15 Tout d'abord, au cours de l'étape 58, l'étape 24 calcule, à l'aide d'un circuit de calcul 24-a (figure 1), la somme des valeurs binaires de chaque ligne de la fenêtre suspecte pour obtenir, sur M colonnes, un premier profil transversal, dans le sens de la largeur de la bande. On obtient ainsi la courbe représentée sur la figure 3b.

20 Au cours de l'étape 60 suivante, ce profil est présenté en entrée d'un circuit de cadrage 24-b, pour être cadré de manière à ne pas séparer des éléments d'image d'une irrégularité situés à proximité les uns des autres.

25 Le circuit de cadrage 24-b peut être constitué par tout type de filtre approprié, tel qu'un filtre RIF à réponse impulsionnelle finie, ou RII à réponse impulsionnelle infinie, mais est de préférence constitué par un filtre de type à fenêtre glissante permettant de délivrer un profil cadré $r(x)$ dont les valeurs sont déterminé selon la relation suivante :

30

$$r(x) = \sum_{i=-K}^K F(x-i) \times Q(i) \quad (1)$$

35 dans laquelle K désigne la largeur de la fenêtre glissante, $F(x-i)$ désigne la valeur de la colonne $(x-i)$ du profil à cadrer,

Q désigne le coefficient du filtre à fenêtre glissante, choisi par exemple égal à 1, et

x désigne le numéro de colonne du profil cadré.

Le profil ainsi cadré est ensuite seuillé à l'aide d'un circuit de seuillage 24-c, au cours de l'étape 62 suivante, par comparaison avec une valeur de seuil de détection d'irrégularités.

On obtient ainsi le profil cadré et seuillé représenté sur la figure 3c délimitant des bandes suspectes, représentées à l'aide de pointillés sur la figure 3a, englobant chacune une ou plusieurs irrégularité de surface.

Comme mentionné précédemment, les bandes suspectes ainsi définies sont ensuite segmentées en zones suspectes présentant chacune une irrégularité de surface.

Pour ce faire, au cours de l'étape 64 suivante, les étapes 58, 60 et 62 sont effectuées à nouveau et appliquées indépendamment à chaque ligne d'éléments d'image de chaque bande suspecte, de façon à obtenir un profil d'accumulation des valeurs binaires dans le sens longitudinal, comme représenté sur la figure 3d.

Ce profil longitudinal est ensuite cadré et seuillé, comme précédemment, pour obtenir l'image représentée sur la figure 3e dans laquelle sont définies des zones suspectes, telles que 66, qui délimitent chacune une irrégularité de surface détectée, chaque irrégularité pouvant, bien entendu, comporter plusieurs objets ou segments d'irrégularité.

Chaque zone suspecte ainsi définie contient donc un segment d'image brute et le segment d'image binaire correspondant.

De préférence, les zones suspectes 66 ainsi délimitées sont en outre présentées en entrée d'un deuxième circuit de calcul 24-d, connecté en sortie du circuit de seuillage 24-c, au moyen duquel les irrégularités de petites dimensions sont éliminées.

Pour ce faire, au cours de l'étape 68 suivante on traite de façon indépendante chaque zone suspecte de l'image binaire à l'aide d'un algorithme de labélisation classique en vue de délimiter des objets constitutifs d'une irrégularité de surface, chaque objet étant défini par un ensemble d'éléments d'image suspects en contact entre eux.

La surface de chaque objet est ensuite calculée, ainsi que la surface moyenne des objets appartenant à une même zone suspecte.

5 Les objets de petites dimensions sont éliminés du traitement. Pour ce faire, on décide d'éliminer les objets dont la surface individuelle est inférieure à un pourcentage prédéterminé de la surface moyenne calculée.

10 On obtient ainsi, en sortie du circuit de calcul 24-d, des zones suspectes contenant chacune une irrégularité, desquelles les petits objets ont été éliminés.

Ces zones suspectes ainsi nettoyées sont ensuite stockées dans la mémoire 30 du circuit de calcul 28 en vue d'être traitées, comme cela sera décrit en détail par la suite en référence à la figure 5.

15 Il est à noter que les circuits de calcul 24-a, de cadrage 24-b, et de seuillage 24-c et de calcul 24-d sont des circuits de type classique. Ils ne seront donc pas décrits en détail par la suite.

20 Dans le cas où une fenêtre suspecte a été qualifiée de fenêtre suspecte de grande longueur au cours de l'étape 50 précédente, l'étape de traitement des images est précédée d'une phase d'élimination du traitement de certaines zones suspectes, ce qui permet de diminuer la charge du circuit de calcul 28.

25 A cet effet, dès qu'on détecte (étapes 47, 48 et 50) une fenêtre suspecte de grande longueur et qu'on la découpe en zones suspectes comme précédemment décrit, on repère au cours de l'étape 70 suivante au moins une zone suspecte de cette fenêtre dont la ligne inférieure d'éléments d'image appartient
30 à celle de ladite fenêtre. Cette zone suspecte ainsi repérée est alors qualifiée de "zone suspecte coupée en bas".

La fenêtre suspecte suivant une fenêtre suspecte de grande longueur est qualifiée de "fenêtre suspecte de prolongement".

35 On conçoit qu'une fenêtre suspecte de prolongement peut également être de grande longueur.

Après découpage, comme précédemment décrit, d'une fenêtre suspecte de prolongement en zones suspectes, on repère l'au moins une zone suspecte de cette fenêtre dont la ligne

supérieure d'éléments d'image appartient à celle de ladite fenêtre, cette zone suspecte étant alors qualifiée de "zone suspecte coupée en haut" ou "zone suspecte de prolongement" (étape 71).

- 5 On apparie les zones suspectes "coupées en bas" de la fenêtre de grande longueur et celles, "coupées en haut", de la fenêtre suspecte de prolongement (étape 72).

- Au cours de l'étape 73 suivante on détermine si la fenêtre suspecte de prolongement est elle-même de grande
10 longueur. Si tel est le cas, on repère au moins une zone suspecte de cette fenêtre dont la ligne inférieure d'éléments d'image appartient à celle de ladite fenêtre, cette zone suspecte étant alors qualifiée comme précédemment de "zone suspecte coupée en bas" et on effectue le même traitement de
15 recomposition de cette zone suspecte avec les zones suspectes "coupées en haut" de la fenêtre suivante, dite de prolongement (étape 74).

- Au fur et à mesure de l'appariement ou de l'association des zones suspectes coupées d'une fenêtre à la
20 suivante, on met à jour la longueur de chaque défaut. Au cours de l'étape 75 suivante, l'unité de traitement 22 compare la longueur de chaque défaut avec la longueur d'une fenêtre de grande longueur, c'est-à-dire avec le seuil de détection de défaut long précédemment mentionné.

- 25 Dès que cette longueur dépasse celle d'une fenêtre de grande longueur, on qualifie le défaut comme étant un défaut long (étape 76) et on ouvre "un groupe défaut long" défini par une zone de la mémoire de l'étage de traitement dans lequel on place toutes les zones suspectes successives coupées et
30 associées qui constituent en fait un seul et même défaut dit "défaut long".

- On élimine ensuite du traitement d'image toutes les zones suspectes de prolongement qui appartiennent à des groupes "défaut long" ; ainsi, dans chaque groupe "défaut
35 long", le traitement d'image n'est effectué que sur la première zone suspecte ("coupée en bas") et, pour simplifier le traitement, on affecte le résultat de ce traitement à toutes les zones suspectes de prolongement du même groupe "défaut long".

Au fur et à mesure de l'appariement ou de l'association des zones suspectes coupées d'une fenêtre à la suivante, en mettant à jour la longueur de chaque défaut associé à des zones suspectes qui se correspondent d'une
5 fenêtre à la suivante, on peut constater au cours de l'étape 75 que ce défaut n'est pas un défaut long.

La segmentation d'un tel défaut ne peut pas avoir lieu sur plus de deux fenêtres successives, sinon il serait qualifié de défaut long.

10 Dans ce cas, on ouvre dans la mémoire 30 une zone de stockage sous la forme d'une zone suspecte dite "de recomposition" dans laquelle on place les deux zones suspectes coupées du même défaut, convenablement raboutées et centrées, la taille de ladite fenêtre étant adaptée pour cadrer ledit
15 défaut comme dans le cas des zones suspectes non coupées (étape 77).

Les zones suspectes de recomposition sont ensuite traitées comme toutes les autres zones suspectes.

La phase de segmentation des images brutes et binaires
20 en zones suspectes à traiter étant maintenant terminée, on procède alors au traitement de chaque zone suspecte délimitée lors des étapes 58 à 68, à l'exception des zones suspectes de prolongement de groupe "défaut long".

Le traitement de chaque zone suspecte va maintenant
25 être décrit en référence aux figures 5 et 7.

Ce traitement débute par une étape 78 de calcul de paramètres d'identification de défaut, généralement qualifiée d'étape d'extraction de paramètres.

D'une manière connue en elle-même, on détermine la
30 nature des paramètres susceptibles de caractériser les défauts ou les irrégularités de surface de la bande à inspecter, et nécessaires pour les reconnaître et les identifier de manière précise et fiable.

On détermine également le mode de calcul de ces
35 paramètres, notamment en fonction de valeurs d'éléments d'image de l'image brute ou binaire d'une zone suspecte contenant ledit défaut ou ladite irrégularité de surface.

D'une manière classique, parmi ces paramètres on trouve généralement la longueur, la largeur et la surface

d'une irrégularité de surface dans une zone suspecte, l'intensité moyenne des niveaux de gris des éléments de l'image brute à l'intérieur du défaut, l'écart type de ces niveaux de gris...

5 Le nombre de paramètres nécessaires pour une reconnaissance précise et fiable, désigné par la suite P, peut être très élevé et atteindre par exemple 65.

La nature et le mode de calcul des paramètres des défauts étant maintenant défini pour un type de bande à
10 inspecter, on procède au calcul des P paramètres pour chaque zone suspecte.

Chaque zone suspecte ou irrégularité peut ainsi être représentée par un point dans un espace P-dimensionnel.

Ce nombre élevé P de paramètres est un handicap, en
15 égard au temps et aux moyens de traitement de reconnaissance des zones suspecte. Afin d'éviter, tout au moins de limiter, ce handicap, on effectue une étape de dégrossissage 80 qui permet de simplifier de façon considérable le traitement de chaque zone suspecte en classant les irrégularités selon un
20 ensemble de classes de dégrossissage. Cette étape de dégrossissage, qui constitue une classification préalable des irrégularités, selon un ensemble de classes prédéfinies, permet de diviser le problème général de l'analyse des irrégularités en un ensemble de problèmes plus simples à
25 traiter.

En particulier, à l'intérieur de chaque classe de dégrossissage, on définit un ensemble de classes élémentaires ou familles de défauts, dont le nombre est limité.

Pour pouvoir mettre en oeuvre l'étape de dégros-
30 sissage, il est nécessaire d'avoir prévu une phase préalable de définition des classes de dégrossissage et, éventuellement, de leur repère simplifié associé, généralement avant la mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

Cette phase préalable est spécifique d'un type de
35 bande à inspecter.

Comme exemple de phase préalable aboutissant à la définition de classes de dégrossissage, on procède par apprentissage de la façon suivante.

On procède à une inspection de surface, comme précédemment décrit jusqu'à ce stade du procédé, d'un nombre suffisant d'échantillons du même type de bande pour aboutir à une population suffisamment nombreuse et représentative de zones suspectes, dont chaque irrégularité est représentée par un point dans l'espace P-dimensionnel précédemment mentionné.

Selon la méthode connue par ailleurs d'analyse factorielle de correspondance, on repère comment ces points se regroupent en nuages dans cet espace.

On considère alors que chaque région de l'espace délimitant un nuage permet de définir une typologie de défauts, et les défauts d'un même nuage ont donc des éléments en commun et vont pouvoir être éventuellement représentés dans un repère simplifié propre à ce nuage ou à cette typologie.

Pour définir les axes d'un repère simplifié propre à une typologie ou à un nuage donné, on peut utiliser les axes principaux d'inertie de ce nuage, dont les positions et directions peuvent être calculées d'une manière connue en elle-même.

Ainsi, tous les défauts d'une même classe peuvent être représentés dans le même repère simplifié dans un espace dont la dimension est inférieure à P, c'est-à-dire que tous les défauts d'une même classe peuvent être caractérisés par un nombre réduit de paramètres, inférieur à P.

En faisant appel à des méthodes mathématiques classiques, on établit des matrices de changement de repère qui permettent de passer d'une représentation des défauts dans un espace P-dimensionnel à une représentation du même défaut dans un repère simplifié de dimensions réduites.

Ainsi, dans cette phase préalable destinée à préparer le dégrossissage, on a défini des typologies ou "classes de dégrossissage" de défauts et un repère simplifié de représentation de défaut, propre à chaque classe de dégrossissage.

Selon un exemple spécifique, ces classes de dégrossissage peuvent être définies à partir de la longueur (L) ou la largeur (l) des irrégularités ; en référence aux figures 6a et 6b, on définit par exemple 5 et 6 classes de dégrossissage, respectivement pour une tôle "DKP" et pour une

tôle galvanisée, à savoir une classe de défauts petits (pt), une classe de défauts fins et courts (fc), une classe de défauts fins et longs (fl), une classe de défauts moyens et courts (mc), une classe de défauts moyens et longs (ml) et une
5 classe de défauts larges (la) ; à chaque classe étant associé un repère simplifié de représentation.

Après l'étape d'extraction des paramètres, on peut maintenant mettre en oeuvre l'étape 80 de classification préalable ou de dégrossissage, proprement dite.

10 Pour ce faire, on répartit chaque défaut ou irrégularité de surface de zone suspecte dans les différentes classes de dégrossissage préalablement définies, en fonction de la valeur des P paramètres d'un défaut et des caractéristiques qui définissent ces classes.

15 Cette répartition préalable des défauts en classes de dégrossissage permet de simplifier considérablement la reconnaissance de défauts, en effectuant cette reconnaissance sur chaque classe de dégrossissage.

En variante, on représente tous les défauts d'une même
20 classe dans le repère simplifié associé à cette classe, en utilisant la matrice de changement de repère de cette classe, appliquée aux P paramètres. On aboutit alors à une caractérisation simplifiée de tous les défauts, par un nombre réduit de paramètres, ce qui limite la quantité de calculs à
25 effectuer lors de la reconnaissance.

L'étape 82 ultérieure du traitement consiste à reconnaître et à identifier les défauts de chaque classe de dégrossissage.

Le traitement d'identification et de reconnaissance
30 est spécifique à chaque classe de dégrossissage et est généralement défini au préalable en fonction des types de défaut qu'on est susceptible de rencontrer dans chaque classe.

Ce traitement d'identification et de reconnaissance peut consister en une classification se basant par exemple sur
35 la méthode dite des "sphères de Coulomb".

On peut également utiliser d'autres méthodes connues, comme la méthode d'analyse discriminante, la méthode de l'arbre de décision ou la méthode qui passe par la détermination du "K" plus proche voisin.

Selon la méthode des sphères de Coulomb, les typologies de défaut, spécifiques d'une classe de dégrossissage donnée, sont représentées par des sphères, repérables, en position et en taille, dans l'espace simplifié associé à
5 cette classe.

Chaque sphère correspond à un type de défaut et/ou à un nom d'identification de défaut.

Ainsi, pour reconnaître et identifier un défaut d'une classe de dégrossissage donnée, on repère, lors de l'étape 83,
10 à quelle sphère appartient le défaut et on attribue le nom d'identification associé à cette sphère (étape 84).

Avantageusement, cette opération de reconnaissance et d'identification peut être effectuée très rapidement parce que, le nombre de sphères et le nombre de paramètres étant
15 réduits du fait de l'étape précédente de dégrossissage, les calculs de classification peuvent être réalisés sur un nombre réduit de critères.

Dans le cas particulier où, à l'intérieur d'une classe de dégrossissage donnée, on rencontrerait un défaut
20 n'appartenant à aucune sphère, on lui attribue le nom d'identification de la sphère la plus proche.

Ainsi, à la fin de l'étape 84 d'affectation d'un nom d'identification de défaut à chaque irrégularité, toutes les irrégularités sont identifiées comme correspondant à un type
25 particulier de défaut.

L'étape 86 suivante consiste à effectuer une deuxième classification en utilisant un deuxième étage de classification du circuit de calcul 28, à partir d'un nombre de classes réduit, afin, par exemple, de confirmer le résultat
30 fourni par le premier étage de classification et de lever certaines incertitudes qui auraient pu apparaître dans l'identification de certains défauts, ou afin, par exemple, de différencier en typologie plus resserrée des défauts d'un même type que l'on aurait décidé de ne pas différencier au niveau
35 du premier étage de classification, faute de performances suffisantes de classification à ce niveau.

Pour pouvoir mettre en oeuvre cette deuxième étape 86 de classification, il est nécessaire d'avoir prévu une phase préalable de qualification de chaque classe élémentaire.

Dans cette phase préalable, on effectue des traitements statistiques de validation ou de non validation de la classification effectuée pour l'identification des défauts, en utilisant le procédé qui vient d'être décrit, de manière à
5 repérer les classes élémentaires qui contiennent le plus d'erreurs de classement de défaut.

Ces classes élémentaires, en nombre réduit, qui contiennent le plus grand nombre d'erreurs de classement, sont qualifiées de "classes élémentaires d'identification
10 incertaine", les autres, qui contiennent le moins d'erreurs de classement, sont qualifiées de "classes élémentaires d'identification certaine".

La deuxième classification, mise en oeuvre dans l'étape 86, n'est effectuée que sur les défauts ou
15 irrégularités classés dans les classes élémentaires d'identification incertaine.

Le deuxième étage de classification utilise par exemple l'une des méthodes de classification mentionnées précédemment.

20 Il est adapté par exemple pour valider ou non l'appartenance des défauts à ces classes d'identification incertaine. En cas de non validation, le défaut est alors considéré comme n'étant pas un défaut et est éliminé du traitement.

25 Il peut être également adapté pour répartir les défauts de certaines classes élémentaires d'identification incertaine dans des classes d'identification précise, prédéfinies selon une typologie plus resserrée.

Il est à noter que cette classification supplémentaire
30 porte sur un nombre très réduit de classes de défauts et peut donc être effectuée très rapidement.

A l'issue de ces étapes 80 à 86, chaque défaut est identifié et reconnu, c'est-à-dire affecté à une classe élémentaire.

35 La phase de traitement d'images s'achève par une étape 88 de fusion des données au cours de laquelle certains défauts sont regroupés, en utilisant des critères préalablement définis, portant notamment sur la géométrie et la topologie des défauts (par exemple : distance des défauts entre eux,

position identique au dessus et en dessous de la bande, proximité du bord de bande,...).

Cette phase de fusion permet de remédier à certaines imperfections susceptibles d'apparaître lors de la reconnaissance des défauts et de résoudre quelques problèmes particuliers de confusion, sans remettre en cause les résultats déjà confirmés.

La décision de regroupement de défauts se fait après confrontation d'informations en provenance du proche voisinage d'un objet à reconnaître, de l'ordre du mètre par exemple, d'autres appareils de prise de vues (par exemple braqué vers l'autre face de la bande), ou de données relatives au traitement de la bande (nature de la bande, point d'arrêt,...).

En particulier, on décide de regrouper entre eux des défauts pour lesquels une ambiguïté sur le nom subsiste, ainsi que des défauts de même nature.

Par ailleurs, on regroupe les défauts présentant des relations de proximité particulières, par exemple à savoir les défauts situés à proximité, sur une même face de la bande ou sur un face opposée, ainsi que les défauts situés dans le même alignement longitudinal ou transversal.

Ainsi, par exemple, dans le cas d'une tôle galvanisée, un défaut de type "traînée granuleuse" se traduit par une multitude d'irrégularités de surface situées au voisinage de la rive de la tôle. Dans ce cas, l'identification du défaut n'est pas totalement fiable. En effet, chacune de ces irrégularités peut être reconnue comme appartenant à une "traînée granuleuse", ou être reconnue individuellement comme un défaut d'un autre type, notamment une "exfoliation", ou une "boursouflure".

Dans ce cas particulier, on fusionne les irrégularités situées au voisinage de la rive de la tôle et alignées les unes par rapport aux autres et on les identifie comme appartenant à un défaut de type "traînée granuleuse".

De même, selon un autre exemple, on regroupe, au cours de cette étape de fusion, les défauts situés dans la même position, sur les faces supérieure et inférieure de la tôle et on leur donne un nom identique.

Au cours de cette étape de fusion et comme décrit précédemment, en référence à l'étape 76 de la figure 4, on regroupe également les défauts longs, coupés lors de l'ouverture des fenêtres suspectes, en affectant, comme
5 mentionné précédemment, le nom du défaut de la zone suspecte de grande longueur aux défauts des zones suspectes de prolongement du même groupe.

Au cours de cette étape de fusion, on analyse également la population de chaque classe élémentaire de défaut
10 sur une longueur donnée de bande, c'est-à-dire le nombre de défauts par unité de longueur présentant la même identification.

On compare ensuite cette population à un seuil prédéterminé, appelé seuil de présomption de défaut
15 périodique. Ce seuil est déterminé pour la même longueur donnée de bande.

Lorsque la population d'une classe élémentaire dépasse ledit seuil, on considère que des défauts de cette classe présentent vraisemblablement un caractère périodique.

20 Pour valider ce caractère, on peut utiliser une méthode classique de détection de défauts périodiques.

Par exemple, on trace l'histogramme de la distance entre chaque défaut de cette classe et, si cet histogramme met en évidence une périodicité (fondamentale ou harmonique), on
25 ouvre dans la mémoire un groupe spécifique "défaut périodique" et on regroupe dans ce même groupe les défauts périodiques de cette classe.

Selon une variante, cette étape de détection et de regroupement des défauts périodiques peut être réalisée après
30 l'extraction des paramètres mais avant l'identification et la reconnaissance, voire avant le dégrossissage ou classification préalable.

Cette variante suppose alors un traitement de classification spécifique, relativement sommaire puisqu'il
35 doit se baser sur la caractérisation des défauts selon un nombre élevé P de paramètres et, pour la détection des défauts périodiques, on analyse alors la population des classes élémentaires définies dans cette classification spécifique.

Cette variante présente l'avantage d'afficher un résultat qui ne dépend pas des performances des modules de reconnaissance (dégrossissage et classification aval).

Après avoir détecté, reconnu et éventuellement regroupé les défauts correspondant à des irrégularités détectées, la phase ultérieure du procédé d'inspection consiste à analyser les défauts en vue d'en déterminer la gravité, pour permettre la détermination de la défectuosité de la bande. Cette phase va maintenant être décrite en référence à la figure 7.

Préalablement, avant la mise en oeuvre du procédé, pour chaque classe ou chaque type de défaut, en fonction de différentes nocivités intrinsèques possible du type de défaut, on définit un ensemble de sous-classes, chaque sous-classe étant associée à une nocivité intrinsèque possible du type de défaut. Chaque sous-classe peut éventuellement être affectée d'un coefficient de gravité intrinsèque.

On conçoit que chaque irrégularité de surface est à ce stade, identifiée et donc caractérisée par des paramètres caractéristiques, en particulier par un nombre réduit de paramètres.

Lors de la première étape 90 de cette phase d'analyse des défauts on assimile les défauts, regroupés dans un groupe de fusion dans l'étape précédente, à un seul défaut dit "défaut de fusion". A cet effet, pour ces défauts regroupés, on calcule les paramètres caractérisant le défaut de fusion par combinaison linéaire des valeurs des paramètres caractérisant chaque défaut ou irrégularité du groupe de fusion.

A partir des valeurs des paramètres caractérisant les défauts non regroupés et les défauts de fusion, on effectue, lors de l'étape 92 suivante, une classification supplémentaire de ces défauts selon l'ensemble de sous-classes propre à chaque type de défaut.

Cette classification supplémentaire peut être réalisée selon le même type de méthodes que celles utilisées lors de la reconnaissance des défauts.

Cette classification supplémentaire aboutit à un résultat indépendant des utilisations ultérieures de la tôle.

A l'issue de cette classification supplémentaire, on peut définir un "profil de défautuosité intrinsèque" de bande par une liste donnant la population de chaque sous-classe "gravité" de chaque type ou "classe élémentaire" de défaut, 5 cette population étant rapportée à une unité de longueur de bande ; ce profil peut être par exemple représenté sous forme d'histogrammes de la population de chaque sous-classe, disposés côte à côte dans un ordre prédéterminé (sous-classes après sous-classes, classes après classes).

10 Parallèlement, pour une utilisation donnée de la bande, on peut définir suivant le même formalisme (par exemple: histogrammes dans le même ordre) un "profil de défautuosité admissible", à savoir, pour chaque sous-classe "gravité" de chaque type de défaut possible, une population 15 maximum admissible pour cette utilisation donnée (toujours rapportée à la même unité de longueur de bande).

Ce "profil de défautuosité admissible" n'est pas défini "une fois pour toute" pour une utilisation donnée; il peut même varier en fonction, par exemple, de l'évolution du 20 cahier des charges de cette utilisation.

On compare ensuite, à l'étape 94, le profil de défautuosité intrinsèque de la bande inspectée au profil de défautuosité admissible de l'utilisation souhaitée de ladite bande.

25 Ainsi, au cours de l'étape 94, si on constate que le profil de défautuosité intrinsèque de la bande inspectée rentre (ou est contenu) dans le profil de défautuosité admissible de l'utilisation envisagée de cette bande, cette bande est considérée comme acceptable ou validée pour cette 30 utilisation (étape 96).

Si tel n'est pas le cas, cette bande inspectée est considérée comme inacceptable ou "défectueuse" vis à vis de cette utilisation (étape 98).

Dans le but d'éviter de mettre cette bande inspectée 35 au rebut, on recherche alors l'utilisation dans le profil de défautuosité admissible de laquelle le profil de défautuosité intrinsèque de cette bande inspectée rentre (ou est contenu), et on affecte cette bande à cette autre utilisation.

On sait en effet qu'une tôle présentant un nombre prédéterminé de défauts d'une gravité donnée et d'un type particulier peut n'être pas défectueuse pour une utilisation, mais peut être défectueuse pour une autre utilisation.

5 Par exemple, une tôle présentant une rayure est défectueuse si elle n'est pas laminée lors d'une étape de traitement ultérieure mais est considérée comme n'étant pas défectueuse si elle est relaminée, les rayures étant dès lors écrasées.

10 L'avantage déterminant de ce procédé d'évaluation de la défectuosité d'une bande par mesure d'un profil de défectuosité intrinsèque est que cette mesure est indépendante de l'utilisation ultérieure et aval de la bande, et de l'évolution concernant les critères à satisfaire pour cette
15 utilisation.

Avantageusement, les profils de défectuosité intrinsèque des bandes inspectées peuvent servir, à l'inverse, à suivre l'évolution et les dérives éventuelles des procédés de fabrication de ces bandes, selon par exemple les campagnes
20 de fabrication ; on peut ainsi par exemple repérer d'éventuelles dérives du comportement de la chaîne de laminage en amont.

Les profils de défectuosité intrinsèque des bandes inspectées peuvent également servir à identifier des dérives
25 sur le système d'inspection lui-même.

Selon une variante simplifiée de procédé d'analyse de la défectuosité, on peut affecter, à chaque sous-classe "gravité" des types de défauts, un coefficient dont la valeur est fonction de la gravité estimée pour une utilisation
30 donnée, et définir le profil de défectuosité d'une bande par la somme des populations de chaque sous-classes multipliées par le coefficient correspondant. Pour valider cette utilisation, on vérifie alors simplement que le résultat obtenu, à savoir ladite somme, ne dépasse par une valeur
35 prédéterminée définie pour cette utilisation.

D'autres variantes simplifiées, basées sur l'utilisation de coefficients, peuvent être envisagées.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'inspection de surface d'une bande en défilement, pour la détection de défaut de surface, comprenant les étapes consistant à :
- former, à l'aide de moyens de prise de vues (12), au moins une
5 image numérique d'au moins une des faces de la bande (10), constituée d'un ensemble de lignes successives d'éléments d'images (I_{ij}, B_{ij}), affectés chacun d'une valeur numérique;
 - filtrer ladite au moins une image numérique pour la détection d'irrégularités de surface (34), par détection de variations relatives desdites
10 valeurs numériques ,
 - segmenter ladite au moins une image numérique en zones suspectes (66) de sorte que chaque zone suspecte (66) contienne une irrégularité de surface (34) ; et
 - traiter les zones suspectes (66) pour l'identification du type de
15 défaut de surface correspondant à chaque irrégularité (34) détectée ;
- caractérisé en ce que l'étape de segmentation de ladite au moins une image consiste à calculer un premier profil d'accumulation des valeurs numériques des éléments d'image (I_{ij} , B_{ij}) dans une première direction, à seuiller ledit profil calculé de manière à délimiter des bandes d'éléments
20 d'image présentant chacune au moins une irrégularité de surface (34), à calculer, pour chaque bande délimitée, un deuxième profil d'accumulation des valeurs numériques dans une deuxième direction distincte de la première direction, et à seuiller ledit deuxième profil calculé pour délimiter lesdites zones suspectes (66) contenant chacune une irrégularité de
25 surface.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, postérieurement à l'étape de segmentation des images en zones suspectes (66), on calcule, pour chaque zone (66), la surface individuelle de portions de la zone, constituées chacune d'éléments d'image (I_{ij} , B_{ij}) représentant un
30 segment d'irrégularité, et on élimine les segments d'irrégularité dont la surface est inférieure à un seuil prédéfini.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que ladite étape de formation d'images

comprend la formation d'un ensemble d'images de parties successives de la bande (10) en défilement, sous forme de lignes et de colonnes d'éléments d'images ($I_{i,j}$, $B_{i,j}$), et la fusion desdites images en une image, en mémorisant lesdites
5 lignes dans une mémoire (18) à des adresses successives.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ladite étape de calcul dudit premier profil comprend le calcul de la somme des valeurs numériques de chaque colonne d'éléments d'image ($I_{i,j}$, $B_{i,j}$), et
10 en ce que ladite étape de calcul dudit deuxième profil comprend le calcul, pour chaque bande, de la somme des valeurs numériques de chaque ligne d'éléments d'image ($I_{i,j}$, $B_{i,j}$).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, postérieurement à l'étape de
15 filtrage de l'image mémorisée, on délimite dans ladite mémoire (18) une zone de stockage, en réponse à une détection d'un élément d'image d'une irrégularité, dans laquelle sont stockées des lignes d'éléments d'image successivement délivrées par les moyens de prise de vues (12) et comportant
20 au moins un élément d'image correspondant à au moins une irrégularité, ladite étape de segmentation étant effectuée sur chaque zone de stockage.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la zone de stockage, ouverte dans la mémoire (18) en
25 réponse à une détection d'un élément d'image d'au moins une irrégularité, est fermée dès qu'aucun élément d'image d'une irrégularité n'est plus détecté dans un nombre prédéterminé de lignes d'éléments d'image ($I_{i,j}$, $B_{i,j}$).

7. Procédé selon l'une des revendications 5 et 6,
30 caractérisé en ce qu'il comporte en outre une étape de détection de zones de stockage de grande longueur, par comparaison du nombre de lignes d'élément d'image ($I_{i,j}$, $B_{i,j}$), stockées dans chaque zone de stockage, avec un seuil prédéterminé de détection de zones de stockage de grande
35 longueur, ladite zone de stockage étant fermée en cas de dépassement dudit seuil.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que, postérieurement à l'étape de segmentation d'image en zones suspectes (66), on forme un groupe de zones suspectes

(66) en appariant des zones suspectes (66) de zones de stockage successives, dont au moins l'une est une zone de stockage de grande longueur, et correspondant à une même irrégularité (34), et lorsque le nombre total des lignes d'éléments d'image des zones suspectes (66) dudit groupe est supérieur à un seuil de détection de défaut de grande longueur, on effectue l'étape de traitement d'image sur l'une desdites zones suspectes (66) audit groupe et l'on affecte le résultat du traitement aux autres zones suspectes (66) audit groupe.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que ladite étape de filtrage des images numériques consiste à détecter les contours de chaque irrégularité (34).

10. Installation d'inspection de surface d'une bande (10) en défilement pour la mise en oeuvre d'un procédé d'inspection selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens de prise de vues (12) d'au moins une des faces de la bande (10), une mémoire (18) pour le stockage d'au moins une image de la bande sous forme de lignes et de colonnes d'éléments d'image (I_{ij} , B_{ij}) associés chacun à une valeur numérique, un circuit de filtrage (21) de ladite au moins une image numérique pour la détection d'irrégularités de surface (34) par détection de variations relatives desdites valeurs numériques et une unité de traitement (22) des signaux issus du circuit de filtrage (21), comprenant un premier étage (24) de segmentation de ladite au moins une image numérique en zones suspectes (66) présentant chacune une irrégularité de surface (34) et un deuxième étage (26) de traitement d'image de zones suspectes (66) pour l'identification du type de défaut de surface correspondant à ladite irrégularité, et en ce que le premier étage (24) de segmentation comporte des premiers moyens (24-a) de calcul d'un premier profil d'accumulation des valeurs numériques des éléments d'image (I_{ij} , B_{ij}) dans une première direction, et des deuxièmes moyens (24-b) de calcul d'un deuxième profil d'accumulation des valeurs numériques dans une deuxième direction distincte de la première direction.

5

10

15

25

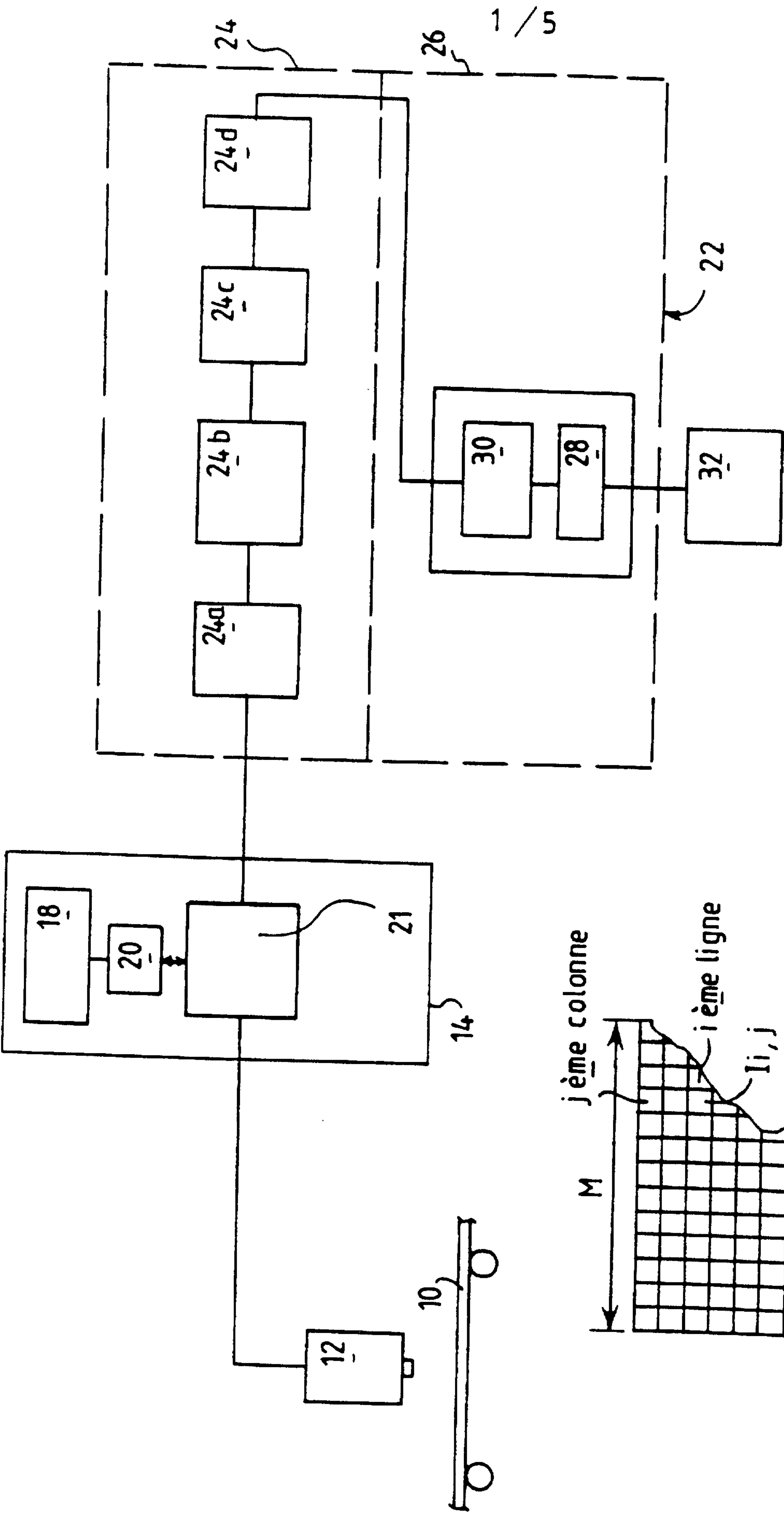


FIG.1

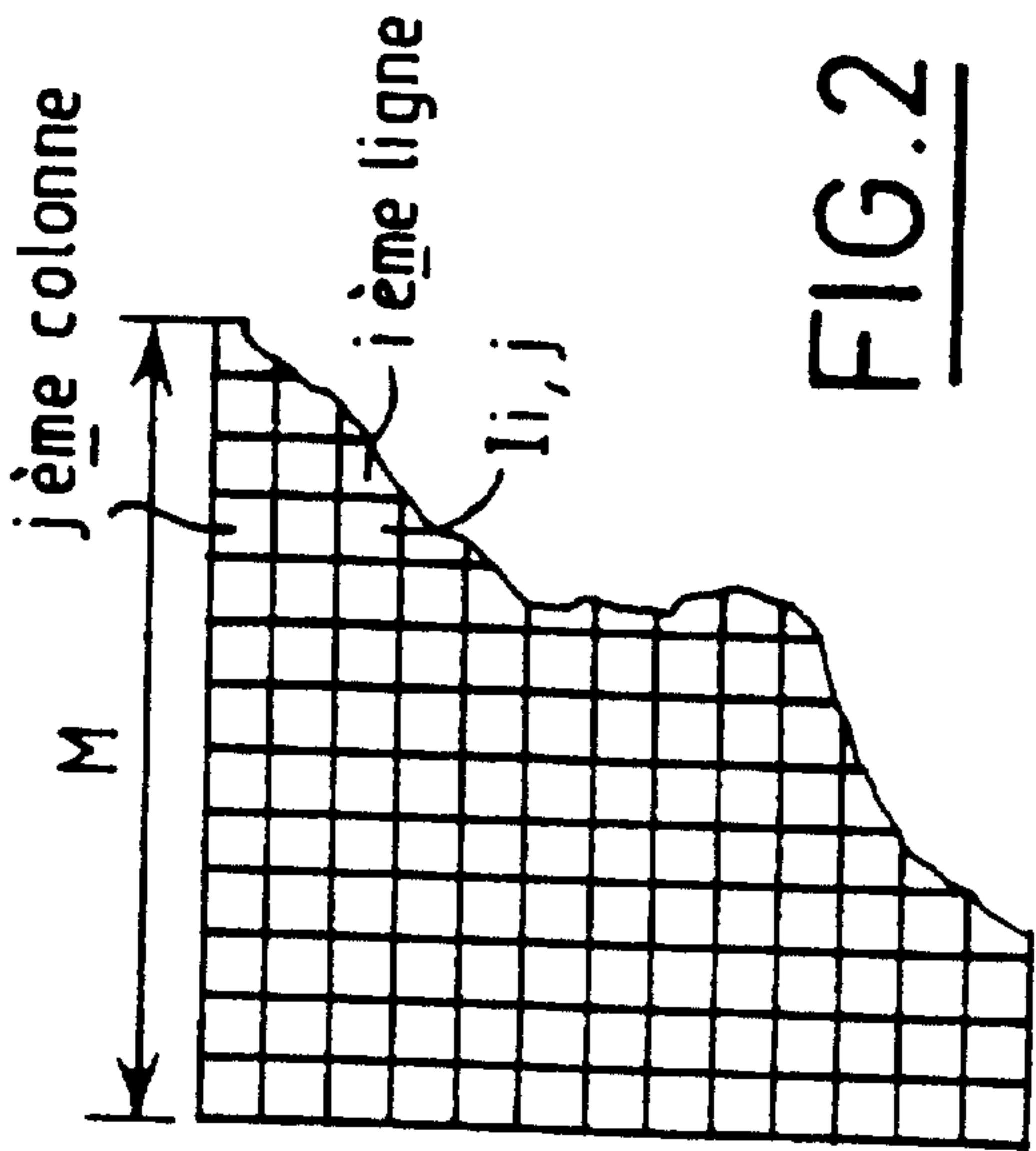
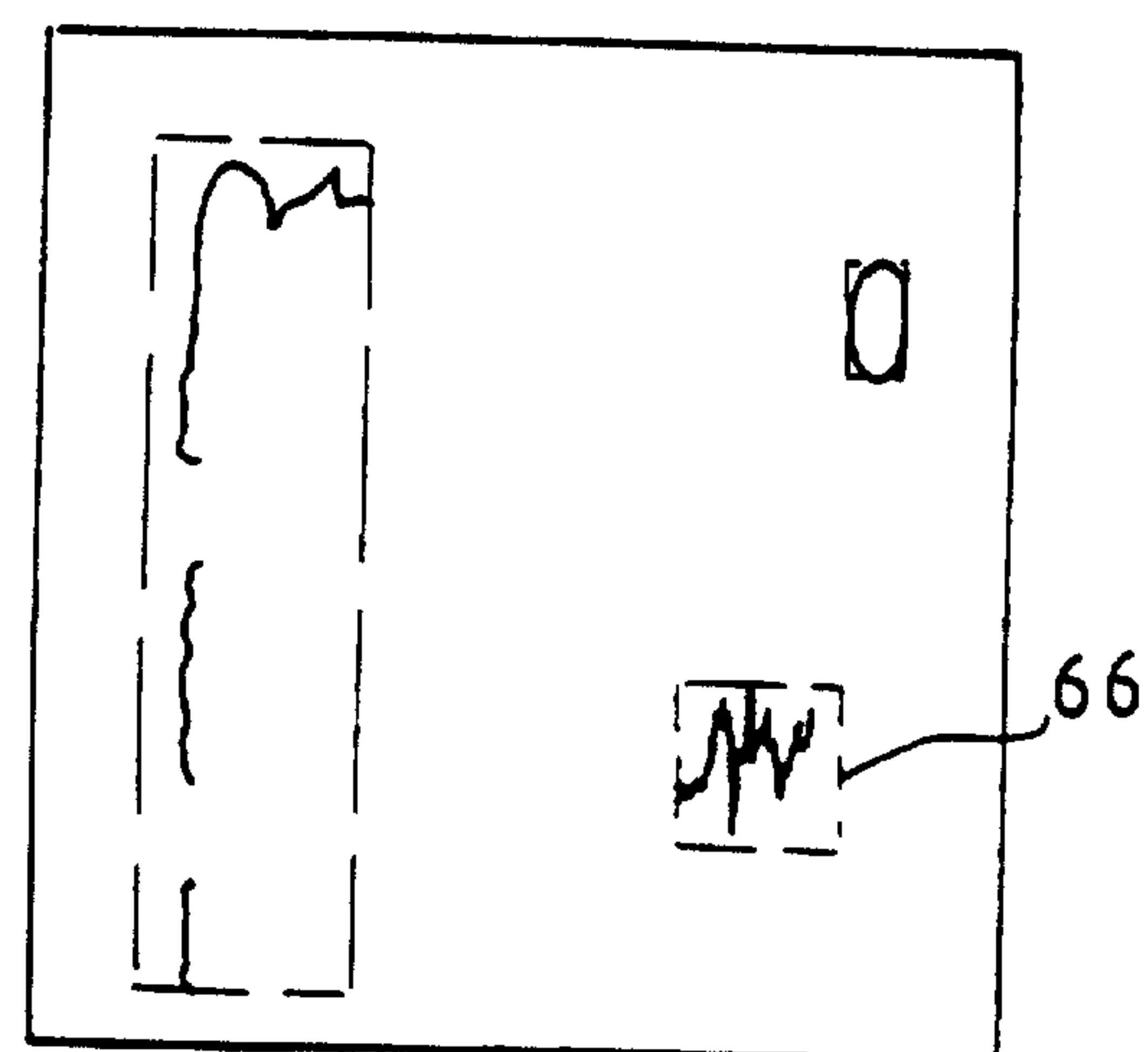
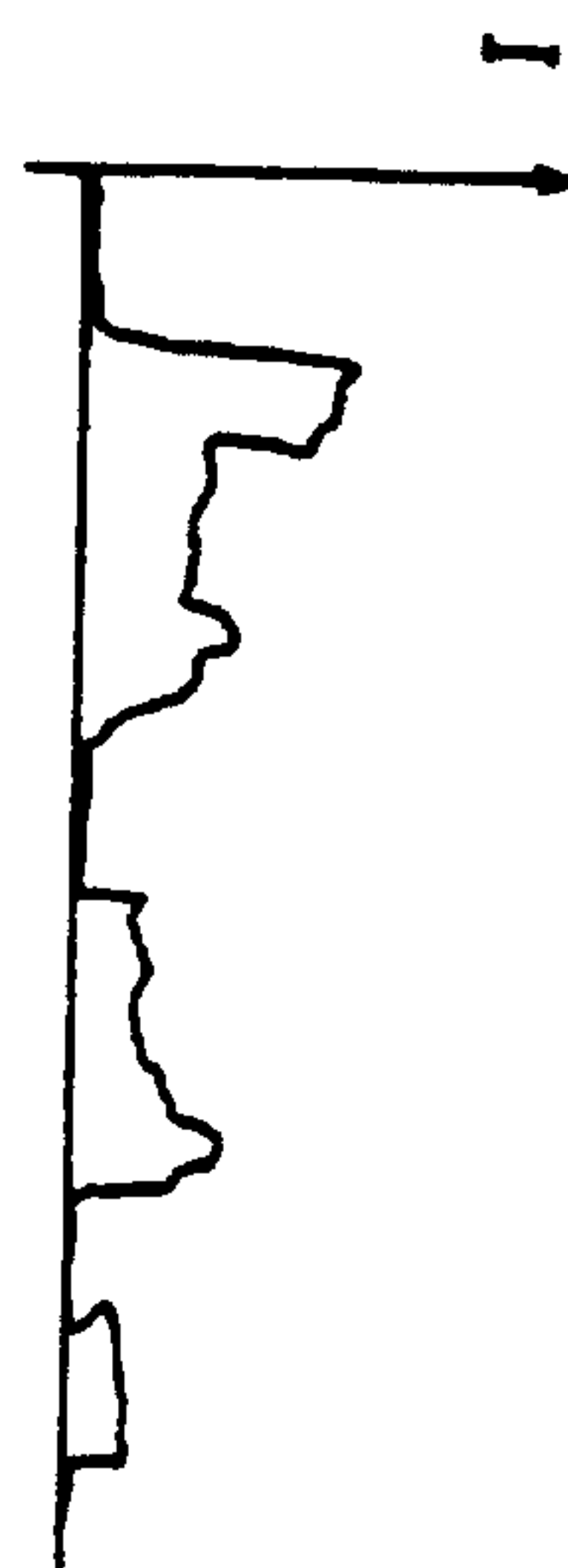
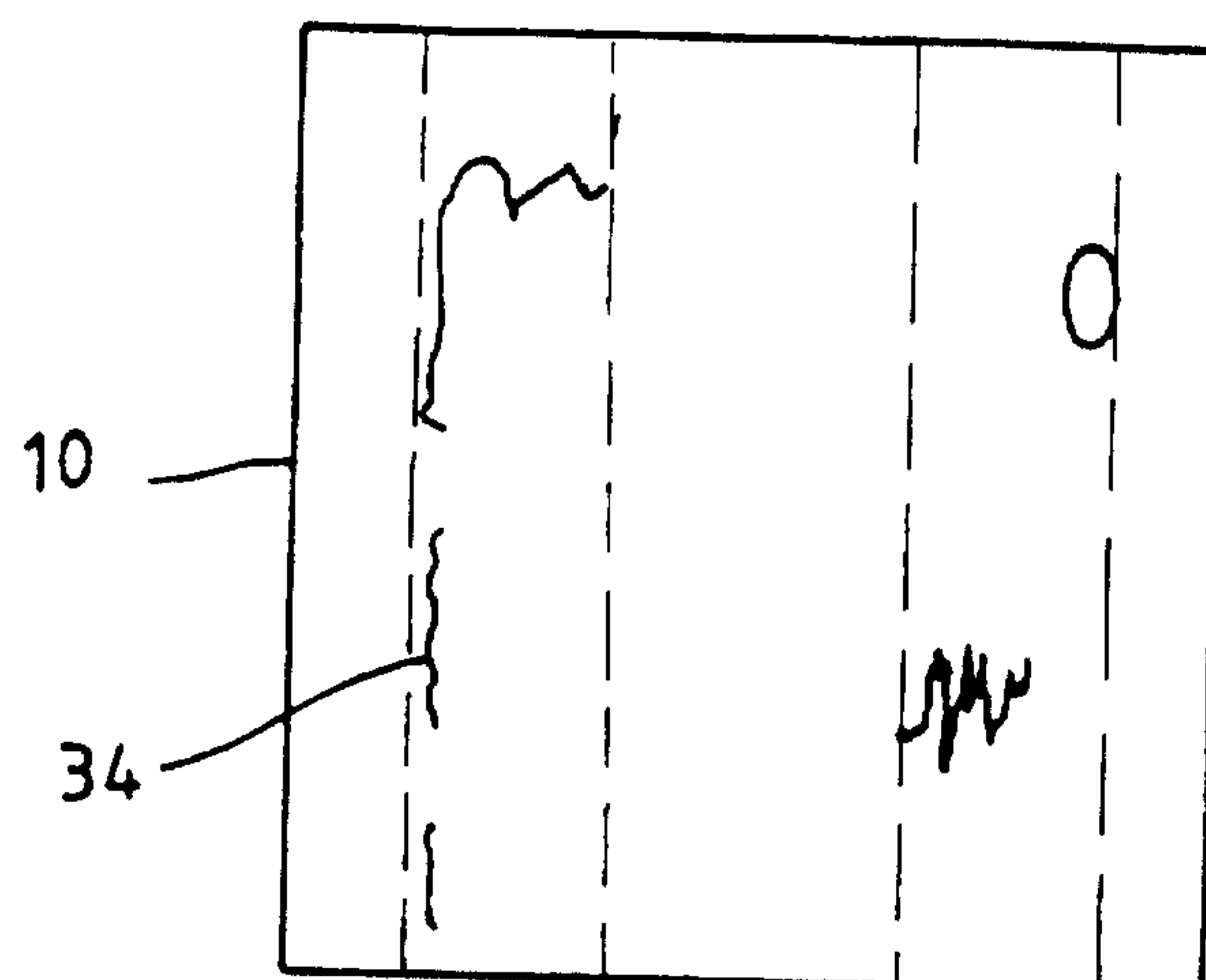
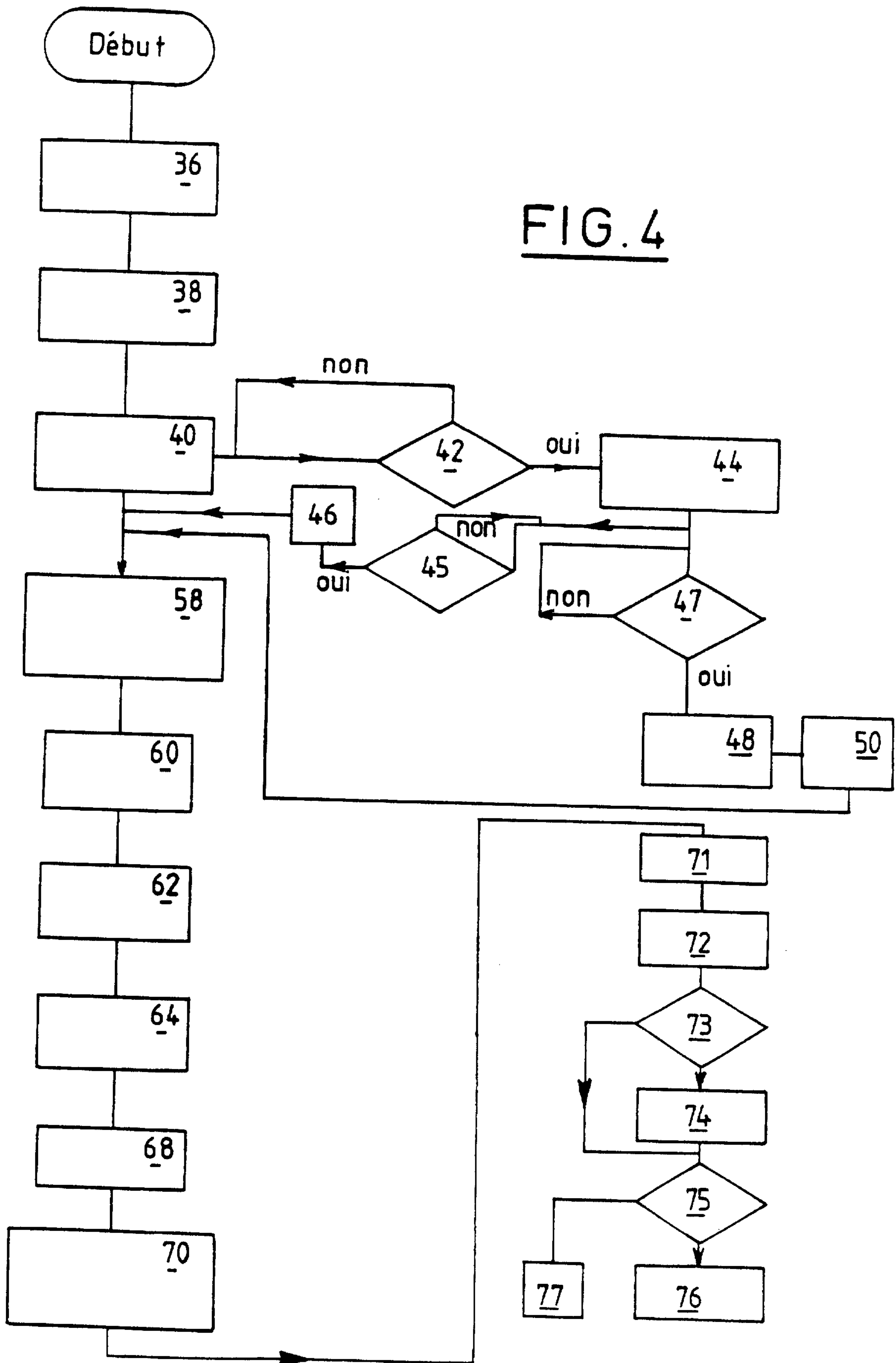


FIG.2

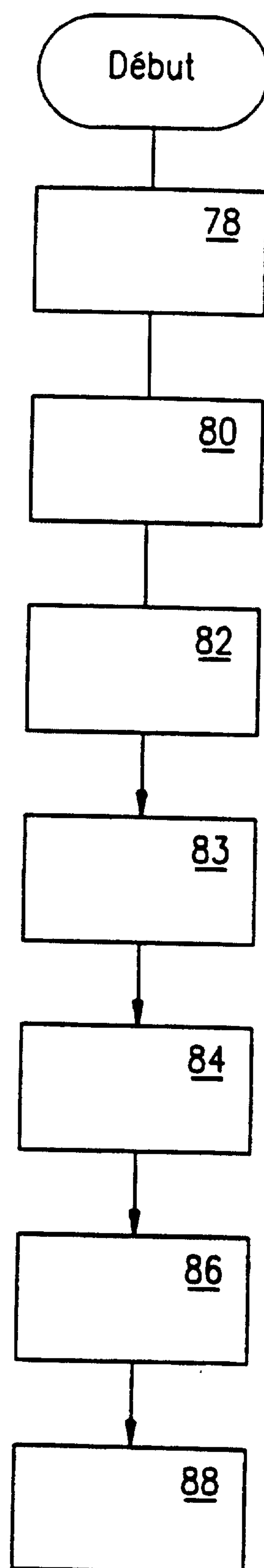
2 / 5



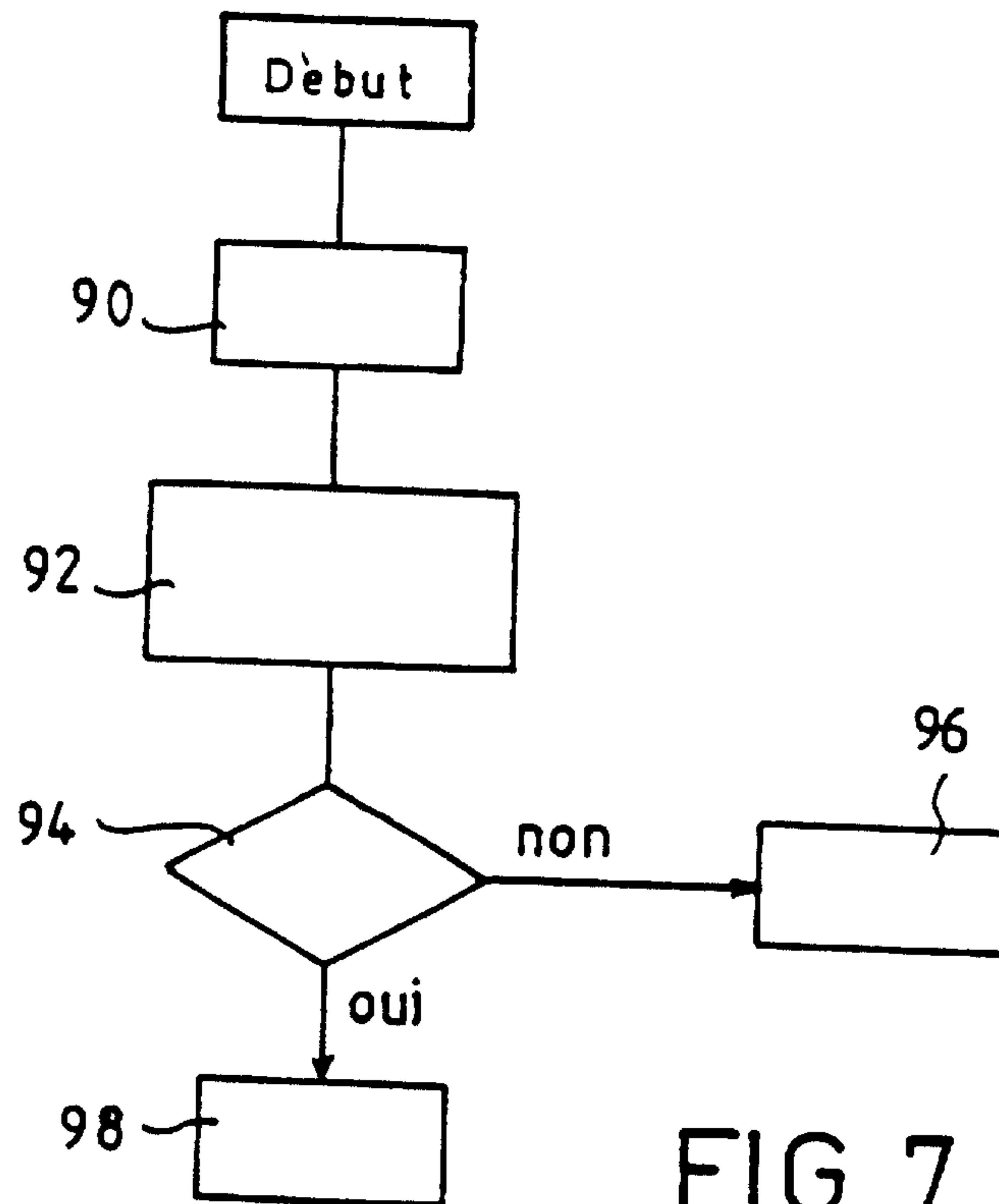
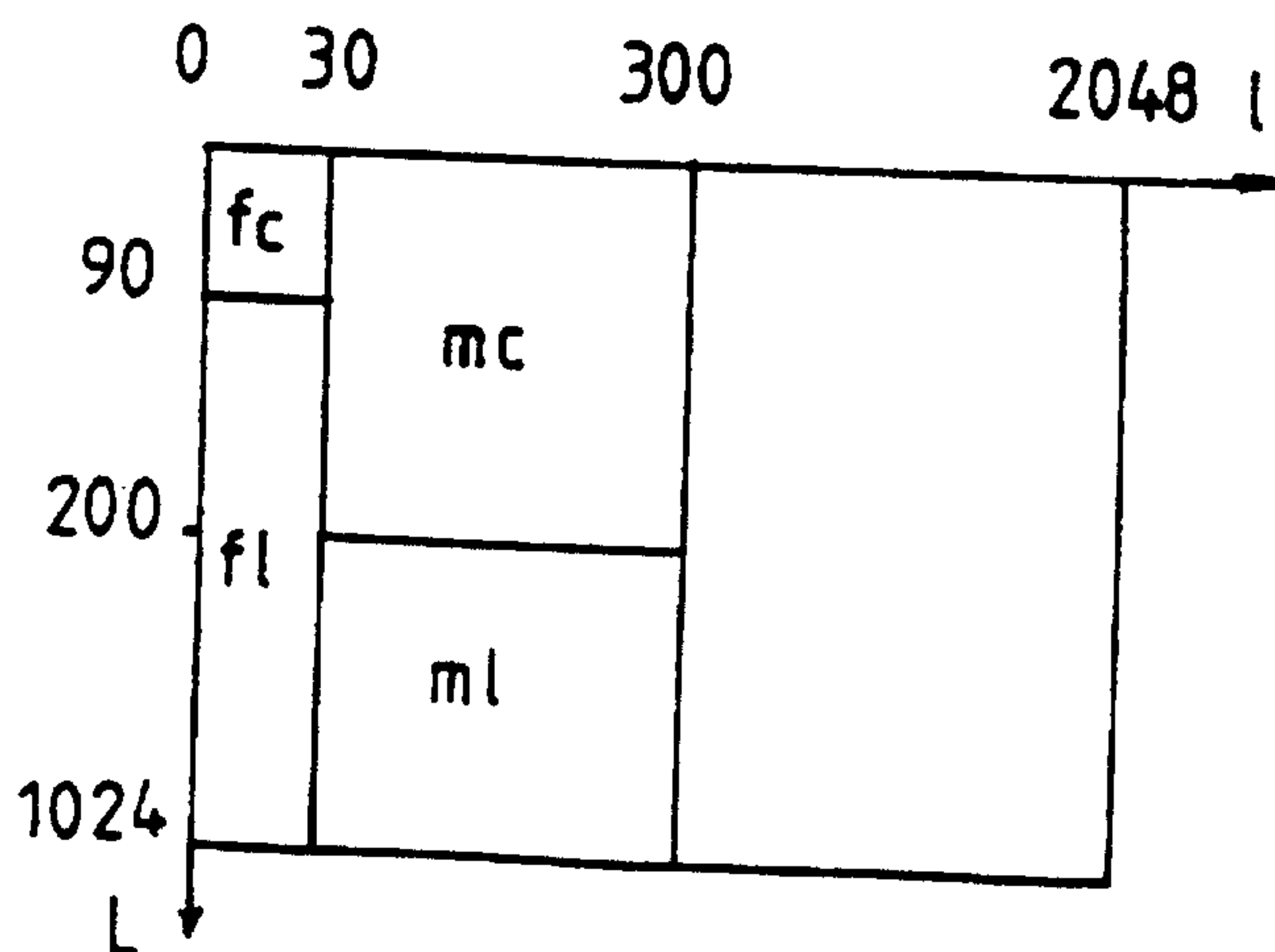
3 / 5

FIG. 4

4/5

FIG. 5

5 / 5

FIG. 7FIG. 6aFIG. 6b