

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2017/001765 A1

(43) Date de la publication internationale
5 janvier 2017 (05.01.2017)

(51) Classification internationale des brevets :
G06T 7/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2016/051599

(22) Date de dépôt international :
28 juin 2016 (28.06.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1556080 29 juin 2015 (29.06.2015) FR

(71) Déposants : **COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN** [FR/FR]; 12 Cours Sablon, 63000 Clermont-Ferrand (FR). **MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A.** [CH/CH]; Route Louis Braille 10, 1763 Granges-Paccot (CH).

(72) Inventeurs : **ARVIS, Vincent**; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN - Place des Carmes-Déchaux - DGD/PI - F35/Ladoux, 63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR). **CHAUSSARD, Michael**; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN - Place des Carmes-Déchaux - DGD/PI - F35/Ladoux, 63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR). **BI-**

LODEAU, Michel; MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN - Place des Carmes-Déchaux - DGD/PI - F35/Ladoux, 63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).

(74) Mandataire : **ROUSSY, Delphine**; Manufacture Francaise des Pneumatiques Michelin, 23, place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35 - Ladoux, 63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasiens (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD OF IMAGE SEGMENTATION

(54) Titre : PROCÉDÉ DE SEGMENTATION D'IMAGE

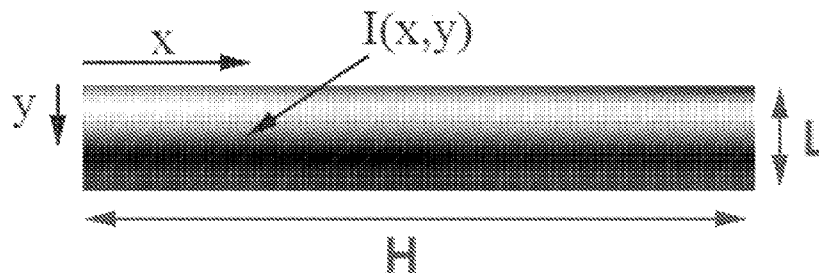


Figure 1

(57) Abstract : The invention relates to a method of segmenting an image, representative of an object whose external surface exhibits relief patterns, into a first zone comprising patterns and a second zone not comprising any, the method comprising the following steps: a step of thresholding in the course of which the grey level image is transformed into a binary image, a step of evaluating the number of patterns on each line of the image, and a step in the course of which, as a function of the results of the previous steps which make it possible to obtain a number of patterns in the image, a first set of pixels of the image representing patterns is determined.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de segmentation d'une image, représentative d'un objet dont la surface externe présente des motifs en relief, en une première zone comportant des motifs et une seconde zone n'en comportant pas, le procédé comportant les étapes suivantes: Une étape

[Suite sur la page suivante]



WO 2017/001765 A1

DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, **Publiée :**
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, — *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

de seuillage au cours de laquelle on transforme l'image en niveau de gris en une image binaire, Une étape d'évaluation du nombre de motifs sur chaque ligne de l'image, et Une étape au cours de laquelle, en fonction des résultats des étapes précédentes qui permettent d'obtenir un nombre de motifs dans l'image, on détermine un premier ensemble de pixels de l'image représentant des motifs.

Procédé de segmentation d'image

DOMAINE DE L'INVENTION

5 [0001] L'invention concerne le domaine du contrôle visuel de produits manufacturés dont la surface externe présente des éléments en relief. Cette invention peut s'appliquer notamment, mais non exclusivement aux produits présentant des motifs périodiques, par exemple des pneumatiques.

10 [0002] Ce contrôle visuel permet, par exemple, de détecter d'éventuels défauts de surface résultant de la fabrication. A l'heure actuelle, l'inspection visuelle et fait encore le plus souvent appel à la dextérité des opérateurs chargés de détecter ces éventuelles imperfections visibles à la surface des objets. Or, avec l'avancée de la puissance de traitement des moyens informatiques, les manufacturiers entrevoient dès à présent la possibilité de rendre ces tâches de contrôle automatique

15 [0003] A cet effet, différents moyens d'éclairage et d'imagerie numérique sont donc utilisés pour acquérir des images, en vue d'un traitement numérique ultérieur permettant des détecter les imperfections auparavant détectées visuellement par les opérateurs. Ces moyens d'imagerie permettent d'effectuer différentes prises d'images, que ce soit en deux dimensions ou en trois dimensions, de la surface intérieure et/ou extérieure du pneumatique à inspecter.

20 [0004] Dans le cas d'objets présentant certaines zones sur lesquelles des motifs en relief sont présents, il est utile de pouvoir appliquer des traitements différents aux zones à motifs, et aux zones sans motifs. A cet effet, il est utile de pouvoir différencier, sur une image d'un pneumatique, les différentes zones en présence.

25 [0005] On connaît différentes techniques qui visent à effectuer une telle différenciation, mais aucun ne présente une robustesse suffisante pour pouvoir être appliquée à une large gamme de produits manufacturés. En outre, les solutions connues présentent des temps de traitement trop longs pour être acceptables en environnement industriel.

[0006] La présente invention vise donc à proposer une solution de segmentation permettant de remédier aux inconvénients susmentionnés.

DESCRIPTION GENERALE DE L'INVENTION

[0007] La présente invention vise donc à proposer un procédé permettant de segmenter une image de la surface externe d'un produit manufacturé de manière à distinguer les zones de l'image présentant des motifs en relief, des autres zones.

[0008] Ainsi, la présente invention concerne un procédé de segmentation d'une image, représentative d'un produit manufacturé dont la surface externe présente des motifs en relief, en une première zone comportant des motifs et une seconde zone n'en comportant pas, le procédé comportant les étapes suivantes :

- Une étape de seuillage au cours de laquelle on transforme l'image en niveau de gris en une image binaire,
- Une étape d'évaluation du nombre de motifs sur chaque ligne de l'image, et
- Une étape au cours de laquelle, en fonction des résultats des étapes précédentes qui permettent d'obtenir un nombre de motifs dans l'image, on détermine un premier ensemble de pixels de l'image représentant des motifs.

[0009] Dans la suite de la demande, on désignera parfois une image sur laquelle on applique un procédé conforme à l'invention par l'expression « image d'entrée ».

[0010] Par convention, dans l'ensemble de la demande, on utilisera les notations montrées en figure 1. Ainsi, on utilisera les notations L et H respectivement pour la largeur et la hauteur d'une image d'entrée, et le point $I(x,y)$ sera repéré dans le repère (x,y) montré sur cette figure.

[0011] On a constaté que certaines images d'entrée possédaient une courbure le long des lignes et des colonnes. Cette courbure apparaît en mesurant la moyenne des lignes et des colonnes de l'image : chaque ligne, et chaque colonne de l'image, possède une moyenne différente, corrélée avec sa position dans l'image. Cet effet, dû à la courbure naturelle du pneu, (qui diffère selon le type des pneus) ainsi qu'aux contraintes mécaniques subies par le pneu lors de son acquisition, doit être corrigé avant tout autre traitement, afin que tous les éléments du pneu aient une hauteur comparable quelle que soit leur position dans le pneu.

[0012] A cet effet, dans un mode de réalisation particulier, le procédé comprend une étape initiale au cours de laquelle on effectue une mise à plat de l'image.

[0013] Dans un exemple de réalisation, cette étape de mise à plat de l'image comprend une étape de détection d'un signal porteur sur lequel reposent les motifs. Pour ce faire, on réalise une simple moyenne mobile le long des lignes : à chaque pixel de l'image nettoyée on

calcule la moyenne des pixels voisins (situés à moins d'une certaine distance) et situés sur la même ligne ; on retranche ensuite cette valeur au pixel.

[0014] Ces opérations peuvent être définies de la manière suivante : Soit une image I bidimensionnelle, et un entier positif r, on définit l'opération *AvgSub* comme une fonction
5 prenant en entrée une image bidimensionnelle I et produisant en sortie une image de même taille

$$AvgSub_r(I)(x, y) = I(x, y) - \mu(\{I(x, y) \mid x \in [0, L(I)] \text{ et } \min(|x - i|, L(I) - |x - i|) \leq r\})$$

[0015] L'opération consiste à calculer, dans une fenêtre horizontale de taille $2r + 1$ centrée sur le pixel $(x; y)$, (en considérant la spécificité de recollement des bords droit et gauche, exprimée par le minimum), la moyenne des pixels, et de retrancher cette dernière à la valeur du
10 pixel (et ceci répété pour tous les pixels de l'image).

[0016] Le procédé de segmentation de la présente invention pourrait également être utilisé sur des images représentant tous types d'objet, et pas nécessairement des pneumatiques. Dans ce cas, l'étape de mise à plat ne s'avèrerait pas forcément utile, puisqu'elle est rendue nécessaire dans le cas d'un pneumatique du fait de la forme arrondie de l'objet.

[0017] De manière préférentielle, on obtient l'image mise à plat, que nous appellerons désormais « image plate », en soustrayant le minimum de l'image à cette valeur moyenne afin d'obtenir uniquement des valeurs positives. Pour cette dernière opération, on choisit
15 avantageusement un rayon permettant de conserver les motifs tout en supprimant la porteuse. En outre, il s'avère que, bien que réalisée uniquement sur les lignes de l'image, cette opération permet aussi de s'affranchir de la courbure le long des colonnes de l'image.

[0018] Une fois l'image d'entrée mise à plat, l'étape suivante du procédé consiste à effectuer une opération de seuillage, afin de transformer l'image plate, qui est en niveaux de gris, en une image seuillée binaire. Ceci permet de créer un masque de sortie comprenant en un
20 premier ensemble de pixels contenant les motifs, et un second ensemble de pixels comprenant les autres éléments.

[0019] Pour décider si un pixel appartient au masque de sortie, on vérifie trois critères :

- Les deux premiers consistent à calculer d'une part la moyenne des niveaux de gris de l'ensemble des pixels de la ligne (respectivement de la colonne) sur laquelle est située un pixel, d'autre part l'écart-type, et d'additionner ces deux valeurs.
- Le troisième critère consiste à vérifier que le pixel appartient à une ligne valide, c'est-à-dire une ligne qui n'est pas trop proche ni du haut, ni du bas de l'image ; ou une ligne
30

qui ne contient pas un trop grand nombre de valeurs aberrantes, ou bien encore une ligne qui n'est pas trop proche d'une ligne contenant un grand nombre de valeurs aberrantes.

5 [0020] En fonction du masque de sortie ainsi défini, il est alors possible de détecter, dans l'image mise à plat, les lignes dans lesquelles des motifs sont présents. A l'issue de cette détection, on obtient une image unidimensionnelle, de même taille que la hauteur de l'image plate.

[0021] Cette étape de détection est effectuée de la façon suivante :

10 - on calcule, pour chaque ligne de l'image mise à plat, la variance des niveaux de gris des pixels n'appartenant pas à l'image seuillée binaire, ce qui revient à exclure les motifs éventuelle,

- on effectue une seconde fois le calcul en dilatant horizontalement l'image seuillée ce qui revient à exclure plus de pixels du calcul.

15 [0022] Les lignes sur lesquelles des motifs sont présents dans l'image plate vont présenter un résultat fortement différent des autres lignes. En effet, le calcul de variance effectué exclu le phénomène d'ombre portée provoqué par les motifs, ce qui conduit à des valeurs basses par rapport à la moyenne. Ainsi, les lignes comportant des motifs présenteront une grande différence entre les deux valeurs de variance, alors que ce n'est pas le cas des lignes sans strie.

20 [0023] On effectue alors, pour chaque ligne, le rapport entre les deux valeurs variance ainsi calculées. Si ce rapport devient supérieur à un seuil prédéterminé, on considérera que la ligne comporte une strie.

25 [0024] On remarque ici que l'on utilise une spécificité des motifs en relief, à savoir le phénomène d'ombre portée, pour les détecter. D'autres méthodes pourraient être envisagées pour réaliser cette étape de détection, toutefois on a constaté que la méthode ici décrite fournissait les meilleurs résultats.

[0025] Il est à noter une fois de plus que cette étape de détection des motifs n'est utile que pour certains types d'objets manufacturés. En effet, dans le cas où les motifs ne sont présents que sur une partie du produit, il est nécessaire de détecter, sur une image représentant le produit, les lignes qui contiennent effectivement des motifs.

30 [0026] L'étape suivante, dans un procédé conforme à l'invention, consiste à évaluer le nombre de motifs sur chaque ligne. Pour ce faire, on met en œuvre les étapes suivantes :

- tout d'abord, on calcule la variance le long de chacune des colonnes d'une image d'entrée, pour constituer une image unidimensionnelle possédant une régularité similaire aux motifs. Selon les exemples, on choisira comme image d'entrée l'image plate ou l'image seuillée.
- 5 - on applique deux transformées de Fourier successives sur cette image unidimensionnelle pour obtenir une décomposition de l'image dans l'espace des fréquences,
- on cherche alors un ou plusieurs maximums de l'image décomposée. En effet, si une valeur d'abscisse x est élevée, cela signifie qu'il y a dans l'image un motif qui se répète
10 tous les x pixels. Par conséquent un maximum de l'image peut correspondre à une période de motifs.

[0027] Toutefois, on a constaté que dans certains cas, un maximum de l'image décomposée de correspond pas à une période des motifs recherchée, mais à une harmonique, c'est-à-dire une valeur due à une groupe de motifs qui se répète régulièrement dans l'image. Par conséquent il
15 est utile, dans une réalisation particulière, de regarder les fractions du maximum déterminé pour détecter d'éventuels candidats à la période des motifs.

[0028] Dans une dernière étape d'un procédé selon l'invention, on détecte, dans l'image seuillée, les meilleures composantes pouvant être des motifs, et on les retient dans un ensemble Résultat. Pour ce faire, on parcourt les composantes connexes de l'image seuillée par taille
20 décroissante, et on les retient si deux conditions sont respectées :

- Tout d'abord, il ne faut pas que la composante connexe, si elle était ajoutée à l'ensemble Résultat, conduise à ce qu'il y ait sur une ligne de l'image seuillée un nombre d'éléments de l'ensemble Résultat supérieur au nombre de motifs détecté à l'étape précédente, et
- 25 - Il faut en outre que la composante connexe appartienne à une ligne valide telle que définie au paragraphe [0019]

[0029] A l'issue de cette dernière étape, on obtient alors un premier ensemble de pixel, correspondant à l'ensemble Résultat, comportant l'ensemble des motifs de l'image.

[0030] Toutefois, on a constaté que l'ensemble Résultat pouvait, dans certains cas, comprendre
30 des éléments surnuméraires, qu'il serait utile de supprimer. A cet effet, dans un mode de réalisation, un procédé selon l'invention comporte en outre les étapes suivantes :

- une étape de réévaluation du nombre de motifs dans l'image, et

- une étape de filtrage de l'ensemble de pixels déterminé, en fonction du nombre de motifs réévalué, pour obtenir un deuxième ensemble de pixels de l'image.

5 [0031] Dans un autre mode de réalisation, un procédé selon l'invention comporte en outre une étape au cours de laquelle on complète des espaces vides de l'image pour obtenir un troisième ensemble de pixels de l'image.

[0032] Dans un mode de réalisation, un procédé selon l'invention comporte une étape au cours de laquelle on élimine, du troisième ensemble de pixels, des composantes surnuméraires, pour obtenir un quatrième ensemble de pixels de l'image représentant des motifs.

10 [0033] On a constaté qu'un léger bruit présent dans l'image sur laquelle est appliqué le procédé pouvait perturber la détection des motifs, et ainsi conduire à une mauvaise segmentation. Pour remédier à cela, dans un mode de réalisation, il est utile de prévoir une étape préalable de nettoyage de l'image avec des filtres morphologiques. Considérons, dans un exemple particulier, une image où est représentée la topographie d'un pneumatique, c'est-à-dire que la valeur de chaque pixel de l'image représente la hauteur du voisinage du point
15 correspondant dans le pneumatique. Sur une telle image, les valeurs de niveau de gris élevées indiquent des pixels d'altitude élevée, tandis que les valeurs de niveau de gris basses indiquent des pixels de faible altitude. Ainsi, les motifs présents sur un pneumatique ressemblent, sur une image topographique, à des chaînes de montagne étendues, sans nécessairement être très hautes, tandis que le bruit présent dans l'image apparaît sous la forme de pics de très (montagnes) ou très
20 basse (canyons) altitude mais de petite taille.

[0034] L'objectif de la présente étape est donc de supprimer ces pics de valeur. A cet effet, on utilise une ouverture morphologique, qui consiste à supprimer toutes les montagnes étroites, quelle que soit leur altitude, suivie d'une fermeture morphologique qui consiste à supprimer tous les canyons étroits, quelle que soit leur profondeur.

25 [0035] L'opération d'ouverture consiste d'abord à remplacer la valeur de chaque pixel de l'image par la valeur minimale des pixels situés dans un certain voisinage, puis à recommencer l'opération en prenant cette fois-ci la valeur maximale. L'opération de fermeture consiste à réaliser les mêmes deux opérations, mais dans le sens inverse (d'abord la valeur maximale, puis la valeur minimale). Le voisinage choisi consiste en l'ensemble des pixels situés sur la même
30 ligne. que le pixel étudié (on parle alors d'ouverture et de fermeture par un élément structurant linéaire) et à une distance inférieure à un certain seuil.

[0036] On choisit préférentiellement une valeur de seuil permettant d'éliminer, sur chaque ligne, des montagnes et des canyons de petite taille. Toutefois, ce choix de rayon doit représenter un compromis entre une valeur trop faible qui ne permettrait pas un nettoyage correct, et une valeur trop élevée qui pourrait conduire à la suppression de certains éléments d'intérêt des motifs.

DESCRIPTION DU MEILLEUR MODE DE REALISATION

[0037] On va décrire ci-après le détail de chacune des étapes de la méthode dans le cas d'un produit spécifique, à savoir un pneumatique. Dans la description de ce mode de réalisation, les motifs en relief seront appelés des stries. Dans cet exemple, l'étape nettoyage est effectuée au préalable. Ainsi, si on nomme *CEA* l'image de départ, l'image nettoyée sera :

$$Nett = \text{filtre}(CEA) \tag{1}$$

[0038] Ainsi que décrit précédemment dans ce texte, l'étape de mise à plat est effectuée en utilisant une opération *AvgSub*

$$AvgSub_r(I)(x, y) = I(x, y) - \mu(\{I(i, y) \mid i \in [0, L(I)] \text{ et } \min(|x - i|, L(I) - |x - i|) \leq r\})$$

[0039] On effectue alors le calcul suivant : dans une fenêtre horizontale de taille $2r + 1$ centrée sur le pixel $(x; y)$, on calcule la moyenne des pixels, et de retrancher cette dernière à la valeur du pixel (et ceci répété pour tous les pixels de l'image). De manière préférentielle, on obtient l'image mise à plat, que nous appellerons désormais « image plate », en soustrayant le minimum de l'image à cette valeur moyenne afin d'obtenir uniquement des valeurs positives :

$$Flat = AvgSub_{100}(Nett) - \min(AvgSub_{100}(Nett)) \tag{2}$$

[0040] Le calcul de l'image seuillée est effectué de la manière suivante :

- On construit une fonction qui permet d'attribuer une étiquette à chaque ligne y de l'image d'entrée. Si on considère un masque *PNM* d'entrée, représentant les valeurs aberrantes de l'image d'entrée (les pixels de valeur aberrante sont à A , et les autres sont à 0 , et on procède en deux temps : tout d'abord, on définit une première image unidimensionnelle temporaire, de même taille que la hauteur des images d'entrée, et telle que :

$$Ligne_tmp(y) = \begin{cases} Ligne_NOTOK_PNM & \text{si } y < 10 \text{ ou } H(PNM) - y \leq 10 \\ Ligne_NOTOK_PNM & \text{si } \frac{I(PNM(x,y))}{L(PNM)} > 5\% \\ Ligne_OK & \text{sinon} \end{cases}$$

5 - La première condition permet de marquer comme invalide les dix premières et les dix dernières lignes de l'image, et la seconde condition permet de marquer comme invalide toutes les lignes possédant plus de 5% de pixels marqués comme aberrants dans l'image PNM.

- On pose Ligne_NOTOK_PNM=0 et Ligne_OK=2. L'image *Ligne*, qui nous donnera l'étiquette de chaque ligne, est obtenue en propageant les étiquettes de lignes invalides, grâce à une érosion, comme suit :

$$Ligne = \epsilon_{\{0\}}^H(Ligne_tmp) \tag{3}$$

10 - On peut alors définir le masque de sortie en réalisant un seuil basé sur nos critères précédemment définis et sur l'étiquetage des lignes, à partir de l'image précédemment mise à plat (voir équation 2)

15 - Cette formule produit en sortie un masque de taille égale à la taille des images en entrée, et où un pixel sera présent s'il est sur une ligne valide (première condition), si sa valeur est supérieur à la moyenne plus l'écart type des pixels de la même ligne que lui (seconde condition), et si sa valeur est supérieure à la moyenne plus l'écart type des pixels de la même colonne que lui (troisième condition).

[0041] L'étape de détection des lignes comportant des stries est effectuée de la façon suivante :

20 - On commence par calculer, pour chaque ligne *y* de l'image mise à plat (voir équation 2), la variance des pixels n'appartenant pas à l'image seuillée, et la variance des pixels n'appartenant pas à l'image seuillée dilatée de 60 pixels :

$$V(y) = \text{Var}((Plat(x, y) | Seuil(x, y) = 0))$$

$$V_d(y) = \text{Var}((Plat(x, y) | \delta_{60}^H(Seuil)(x, y) = 0))$$

25 - Comme expliqué précédemment, on calcule, dans une nouvelle image unidimensionnelle *Score*, de taille égale à la hauteur des images d'entrée, le rapport entre ces deux valeurs. On calcule aussi, dans l'image unidimensionnelle *Rapport*, le

rapport entre les deux valeurs mais en procédant à un nettoyage à l'aide d'ouvertures et de fermetures, de la façon suivantes :

$$Score(y) = \frac{V}{V_s} \tag{5}$$

$$Rapport(y) = \frac{\phi_b(\gamma_b(V))}{\phi_b(\gamma_b(V_s))}$$

- 5 - L'image *Rapport* nous servira dans la suite de cette section, tandis que l'image *Score* nous servira dans les sections suivantes. On cherche, pour chaque ligne valide de l'image (en se servant de l'image *Ligne* définie à l'équation 3), quels sont les deux extrema de valeurs de *Rapport*.

$$\begin{aligned} \min_Rapport &= \min_{\substack{l \in \{0, H-1\} \\ Ligne(l) \neq ligne_0K}} Rapport(l) \\ \max_Rapport &= \max_{\substack{l \in \{0, H-1\} \\ Ligne(l) \neq ligne_0K}} Rapport(l) \end{aligned}$$

- 10 - Après plusieurs expérimentations, nous avons établi que le seuil de rapport de variance qui agit comme limite est 1.5 : si la valeur *min_Rapport* est supérieure à ce seuil, alors on considère que les stries sont présentes sur toutes les lignes de l'image, si la valeur *max_Rapport* est inférieur à ce rapport, alors l'image ne possède pas de stries.

- 15 - Ce qui est plus compliqué à déterminer se passe quand ces deux extrema se situent de part et d'autre du seuil. Dans ce cas, la valeur de 1,5 ne joue plus le rôle de seuil satisfaisant, et il faut trouver un autre seuil différent selon les images. Notre technique consiste à choisir une valeur de seuil *s* de façon à diviser les lignes de l'image en deux classes (avec strie, on suppose, et sans strie, on suppose) de façon à ce que les variances des deux classes soient très proches (cette procédure est discutée dans la suite) :

$$s = \arg \min_s \left[\frac{Var\{Rapport(l) \mid Rapport(l) \leq s\}}{Var\{Rapport(l) \mid Rapport(l) > s\}} \right]$$

- 20 Si plusieurs seuils sont candidats pour être le minimum, on prendra le seuil le plus bas.

- On peut construire l'image *Ligne2_tmp* qui attribue une étiquette à chacune des lignes $y \in \{0, H(Plat)\}$:

de l'image d'entrée en attribuant, pour tout

$$Ligne2_tmp(y) = \begin{cases} Ligne_NOTOK_NOSTRIE & \text{si } Rapport(y) \leq s \\ Ligne_OK & \text{sinon} \end{cases}$$

On pose $Ligne_NOTOK_NOSTRIE=1$.

- 5
- L'image *Ligne2* finale, qui attribue l'étiquette définitive de chacune des lignes de l'image d'entrée, est un mélange entre *Ligne* et une version nettoyée de *Ligne2_tmp*.

$$y \in \{0, H(Plat)\} :$$

Pour tout on pose

$$Ligne2(y) = \begin{cases} Ligne(y) & \text{si } min_Rapport > 1.5 \\ \min\{Ligne(y), \epsilon_{10}^H \gamma_{10}^H(Ligne2_tmp)\} & \text{sinon} \end{cases} \quad (6)$$

- 10
- Comme expliqué précédemment, l'image *Ligne2* qui attribue une étiquette à chaque ligne de l'image d'entrée est composée en mélangeant les informations de *Ligne* et de *Ligne2_tmp*. Si toutes les lignes ont un rapport de variance satisfaisant (supérieur à 1.5), alors les stries sont présentes sur toute la hauteur de l'image et *Ligne2* sera une copie de *Ligne*. Sinon, si seules certaines lignes ont un rapport de variance satisfaisant, alors *Ligne2* est égale à une version nettoyée de *Ligne2_tmp* sauf pour les lignes comportant
- 15
- trop de valeurs aberrantes, où on recopie l'étiquette $Ligne_NOTOK_PNM$ (cette opération est réalisée grâce à l'utilisation du minimum) ;
- Le nettoyage de *Ligne2_tmp* s'effectue grâce à une ouverture, suivie d'une fermeture. Cependant, on s'aperçoit dans les images comportant partiellement des stries que ces dernières ne s'interrompent pas toutes sur la même ligne : elles s'effacent peu à peu, et
- 20
- ne disparaissent pas aux mêmes lignes. Pour cette raison, on effectue une érosion de *Ligne2_tmp* afin d'élargir les étiquettes des lignes sans strie et inclure, par précautions, ces zones « floues » comme lignes sans strie.

[0042] L'étape d'évaluation du nombre de stries sur chaque ligne est préférentiellement effectuée de la façon suivante :

- 25
- On calcule la variance de chacune des colonnes d'une image d'entrée *Input* qui est, selon le mode de réalisation, l'image mis à plat *Plat* ou l'image seuillée *Seuil*. Ce calcul est effectué en excluant, grâce à *Ligne2*, les éléments situés sur des lignes de possédant

pas de stries. En outre, on effectue au préalable une érosion des éléments de *Ligne2* pour éloigner les étiquettes de ligne valides de ces zones :

$$Var_col(x) = Var\{Input(c, y) \mid \epsilon_{Ligne2}^L(Ligne2(y)) = Ligne_OK\}$$

- 5 - L'image *Var_col* ainsi obtenue est une image unidimensionnelle de même taille que la largeur des images en entrée. On constate que cette image possède un motif se répétant autant de fois qu'il y a de stries dans l'image. On va alors effectuer une analyse par Fourier de cette image *Var_col* pour trouver le nombre de stries présentes sur chaque ligne de l'image. Ce calcul est le suivant :

$$F = \Re(\Re(\gamma_{1000}^H \phi_{10}^H(Var_col)))$$

- 10 - La taille de l'image *F* est égale à la plus grande puissance de deux strictement inférieure à $L(Input)$ plus 1. Ainsi, pour des images de 40 000 pixels de large, *F* fait 32769 pixels. L'image *F* est telle qu'un pic sur $F(1000)$ signifie qu'il y a, dans l'image, un motif se répétant tous les 1000 pixels. Par conséquent, il est utile de rechercher les pics de *F*. Toutefois, au préalable, on nettoie l'image avec une ouverture et une fermeture comme suit :

$$F2 = \gamma_{10}^L \phi_{10}^H(F)$$

- 20 - On constate que la structure de *F2* est souvent la même quelle que soit l'image d'entrée : dans un premier tiers de l'image, on observe des oscillations intéressantes placées sur un signal porteur, puis, le signal reste plat, s'effondre vers la moitié de l'image, et remonte un peu pour rester plat dans la dernière moitié. On va donc chercher le minimum de l'image après le premier tiers, et placer des 0 après ce minimum, pour obtenir une image *F3* comme suit :

$$m = \arg \min_x \{F2(x) \mid x \geq \frac{1}{3}L(F2)\}$$

$$F3(x) = \begin{cases} F2(x) & \text{si } x \leq m \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

- 25 - On effectue ensuite une reconstruction géodésique d'une image *D* dans *F3* afin de récupérer le signal porteur que l'on pourra alors supprimer. L'image *D* est une image de même taille que l'image *F3*, ayant pour valeur en tous les points sauf à l'abscisse 0 où elle vaut $F3(0)$.

- On cherche alors la position du maximum de $F4$: $p_{max} = \arg \max_x F4(x)$
- On a constaté que ce maximum ne représentait pas toujours la période spatiale des stries dans l'image. En effet, il faut tenir compte du phénomène d'harmoniques dans l'image. A cet effet, on va tester des fractions du maximum précédemment déterminé, et on recherche un maximum p_n de $F4$ dans un certain voisinage R_n comme suit :

5

$$R_n = \{x \in [0, L(F4)] \mid \left| x - \left\lfloor \frac{p_{max}}{n} \right\rfloor \right| \leq 100\}$$

$$p_n = \arg \max_{x \in R_n} F4(x)$$

- On construit alors l'ensemble Nb_strie qui contient tous les candidats au nombre de stries dans l'image :

10

$$Nb_Serie = \left\{ \left\lfloor \frac{L(Input)}{p_n} \right\rfloor \mid n \in [1, 10] \cap \mathbb{N} \text{ et } L4(p_n) \geq 0.3 * L4(p_{max}) \right\} \quad (7)$$

[0043] L'étape de détection des meilleurs candidats de l'image binaire est effectuée comme suit :

- Soit C l'ensemble des composantes connexes de $Seuil$; C' l'ensemble des éléments de C qui apparaissent sur au moins 20 lignes étiquetées comme valides, et soit S la séquence des éléments de C' triés par taille décroissante. On a alors :

15

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Pour tout } k \in [1, q], \\ C_k \in C' \Leftrightarrow \{l \in [ystart(C_k), yend(C_k)] \mid Ligne2(l) = Ligne_OK\} \geq 20 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Pour tout } i \in [1, p], S_i \in C' \\ \text{Pour tout } i, j \in [1, p], i < j \Leftrightarrow |S_i| \geq |S_j| \text{ et } S_i \neq S_j \end{array} \right.$$

- On construit alors l'ensemble $Candidat$ en ajoutant les éléments de S s'ils ne sont pas en conflit avec les éléments déjà ajoutés dans $Candidat$. Pour cela, on construit une suite d'ensemble R :

20

$$R_0 = \emptyset$$

$$R_i = \begin{cases} R_{i-1} \cup \{S_i\} \text{ si, pour tout } j \in [ystart(S_i), yend(S_i)], \\ \text{nb_composantes}(R_{i-1}, j) < nb_strie \\ R_{i-1} \text{ sinon} \end{cases}$$

$$Candidat = R_p \quad (8)$$

Finalement, la présente invention propose un procédé mettant en œuvre un certain nombre de caractéristiques originales par rapport aux solutions connus de l'état de la technique.

5 Ainsi, les moyens permettant d'effectuer une détection des lignes de l'image où des motifs sont présents sont différents des solutions connues, puisque le principe consistant à prendre un masque de pixels candidats à appartenir à des motifs, et à observer comment la variance (calculée en excluant les éléments de ce masque) évolue en fonction de la dilatation de ce masque, est original. En effet, dans la présente invention, on cherche des éléments de relief qui provoquent une ombre projetée sur l'image, et on détecte les lignes de l'image possédant des motifs en tentant de détecter les lignes possédant une ombre portée.

10 Par ailleurs, la présente invention vise à proposer un procédé permettant de diviser les lignes de l'image en deux catégories : celles où des motifs sont présents, et celles n'en possédant pas. On a constaté que les solutions connues, à savoir l'approche classique consistant à minimiser la variance intra classe ou à maximiser la variance inter classes ne fonctionnaient pas (notamment car les classes peuvent avoir des variances fortes). Dans la présente invention, on utilise des moyens consistant à égaliser les variances des classes à l'aide d'un algorithme en temps linéaire, ce qui permet de remédier à l'inconvénient des solutions connues.

15 En outre, la méthode de comptage des motifs, permettant de savoir combien de motifs sont normalement présents sur l'image en l'absence de défaut comporte deux éléments inventifs :

20 - Le premier réside dans le fait de réaliser une transformée de Fourier non pas sur chaque ligne de l'image, comme présenté dans les solutions connues, mais sur un signal en une dimension, représentatif des lignes de l'image. Ce signal est obtenu en calculant la variance de chaque colonne de l'image : grâce au relief des motifs et à leur ombre portée, on obtient un signal avec la même période que les motifs de l'image. Cette solution permet de diminuer les temps de calcul mis en œuvre.

25 - Le second élément provient du fait de réaliser des opérations morphologiques sur les résultats de la transformée de Fourier afin de la nettoyer d'éléments parasites qui pourraient fausser le résultat obtenu.

30 - Enfin, un procédé selon l'invention met en œuvre, pour la sélection des meilleurs composantes candidates pouvant appartenir à une strie, une série d'opérations de placement puis suppression des candidats en diminuant au fur et à mesure les contraintes sur leur position. Ce schéma de diminution des contraintes au fur et à mesure va à l'inverse de toutes les solutions de l'état de la technique qui consistent généralement à augmenter les contraintes avec le temps.

35

REVENDICATIONS

1. Procédé de segmentation d'une image, représentative d'un produit manufacturé dont la surface externe présente des motifs en relief, en une première zone comportant des motifs et
5 une seconde zone n'en comportant pas, le procédé comportant les étapes suivantes :
 - Une étape de seuillage au cours de laquelle on transforme l'image en niveau de gris en une image binaire,
 - Une étape d'évaluation du nombre de motifs sur chaque ligne de l'image, et
 - Une étape au cours de laquelle, en fonction des résultats des étapes précédentes qui
10 permettent d'obtenir un nombre de motifs dans l'image, on détermine un premier ensemble de pixels de l'image représentant des motifs.
2. Procédé selon la revendication 1, comportant une étape initiale au cours de laquelle on effectue une mise à plat de l'image.
15
3. Procédé selon la revendication 1 dans lequel l'étape de mise à plat de l'image comprend une étape de détection d'un signal porteur sur lequel reposent les motifs.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant une étape, avant l'étape
20 d'évaluation du nombre de motifs, de détection des lignes de l'image comportant des motifs.
5. Procédé selon la revendication 1 ou 2, comportant en outre les étapes suivantes :
 - une étape de réévaluation du nombre de motifs dans l'image, et
 - une étape de filtrage de l'ensemble de pixels déterminé, en fonction du nombre de
25 motifs réévalué, pour obtenir un deuxième ensemble de pixels de l'image.
6. Procédé la revendication 3, comprenant en outre une étape au cours de laquelle on complète des espaces vides de l'image pour obtenir un troisième ensemble de pixels de l'image.
30
7. Procédé selon la revendication 4, comprenant une étape au cours laquelle on élimine, du troisième ensemble de pixels, des composantes surnuméraires, pour obtenir un quatrième ensemble de pixels de l'image représentant des motifs.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes comprenant l'étape préalable de nettoyer l'image avec des filtres morphologiques.

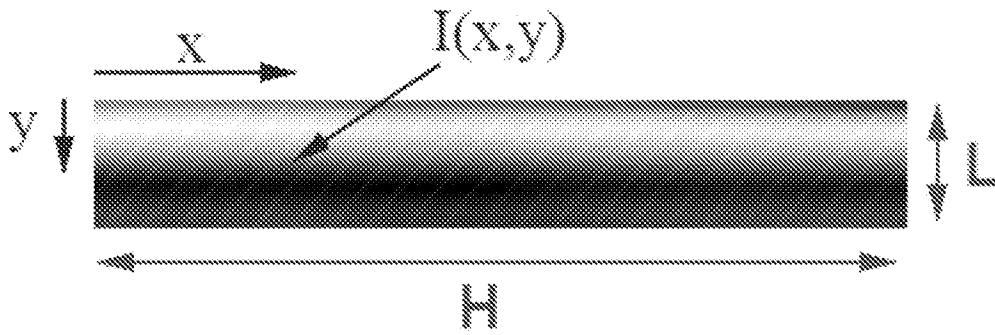


Figure 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/051599

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. G06T7/00
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	FR 2 974 219 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 19 October 2012 (2012-10-19) abstract; figure 2 paragraph [0017]; figure 4 -----	1-8
Y	WO 2012/156260 A1 (MICHELIN & CIE [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]; NOYEL GUILLAUME [FR]; ZA) 22 November 2012 (2012-11-22) paragraph [0041]; figures 1, 2 ----- -/--	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 August 2016

Date of mailing of the international search report

14/09/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Błaszcyk, Marek

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2016/051599

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>NOMURA S ET AL: "A novel adaptive morphological approach for degraded character image segmentation", PATTERN RECOGNITION, ELSEVIER, GB, vol. 38, no. 11, 1 November 2005 (2005-11-01), pages 1961-1975, XP027610898, ISSN: 0031-3203 [retrieved on 2005-11-01] the whole document -----</p>	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/051599

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
FR 2974219	A1	19-10-2012	CN 103649989 A	19-03-2014
			EP 2700050 A1	26-02-2014
			FR 2974219 A1	19-10-2012
			JP 2014517265 A	17-07-2014
			US 2014307941 A1	16-10-2014
			WO 2012143198 A1	26-10-2012

WO 2012156260	A1	22-11-2012	CN 103649995 A	19-03-2014
			EP 2710555 A1	26-03-2014
			FR 2975523 A1	23-11-2012
			US 2015043780 A1	12-02-2015
			WO 2012156260 A1	22-11-2012

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051599

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G06T7/00 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G06T		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	FR 2 974 219 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]) 19 octobre 2012 (2012-10-19) abrégé; figure 2 alinéa [0017]; figure 4 -----	1-8
Y	WO 2012/156260 A1 (MICHELIN & CIE [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]; NOYEL GUILLAUME [FR]; ZA) 22 novembre 2012 (2012-11-22) alinéa [0041]; figures 1, 2 ----- -/--	1-8
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 31 août 2016		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 14/09/2016
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Błaszczyk, Marek

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051599

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>NOMURA S ET AL: "A novel adaptive morphological approach for degraded character image segmentation", PATTERN RECOGNITION, ELSEVIER, GB, vol. 38, no. 11, 1 novembre 2005 (2005-11-01), pages 1961-1975, XP027610898, ISSN: 0031-3203 [extrait le 2005-11-01] le document en entier -----</p>	1-8

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051599

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
FR 2974219	A1	19-10-2012	CN	103649989 A	19-03-2014
			EP	2700050 A1	26-02-2014
			FR	2974219 A1	19-10-2012
			JP	2014517265 A	17-07-2014
			US	2014307941 A1	16-10-2014
			WO	2012143198 A1	26-10-2012

WO 2012156260	A1	22-11-2012	CN	103649995 A	19-03-2014
			EP	2710555 A1	26-03-2014
			FR	2975523 A1	23-11-2012
			US	2015043780 A1	12-02-2015
			WO	2012156260 A1	22-11-2012
