

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 02.06.14.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 04.12.15 Bulletin 15/49.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : MORPHO Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : PICARD SYLVAIN et KETCHAN-
TANG WILLIAM.

73 Titulaire(s) : MORPHO Société anonyme.

74 Mandataire(s) : REGIMBEAU.

54 PROCÉDE DE VALIDATION DE L'AUTHENTICITE D'UN ELEMENT DU CORPS HUMAIN.

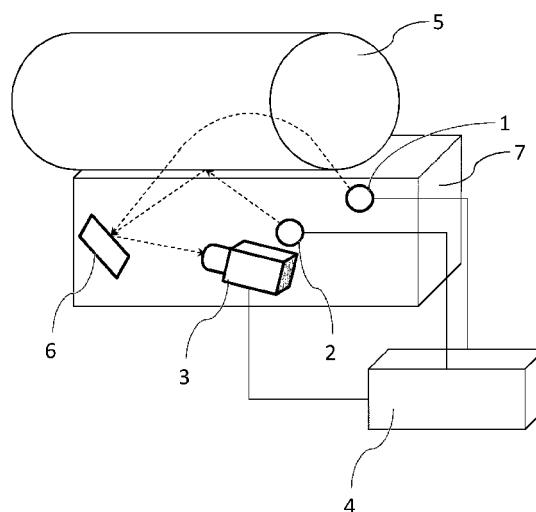
57 L'invention concerne un dispositif et un procédé pour
la validation de ce qu'un objet est un élément (5) du corps
humain comprenant au moins les étapes suivantes :

- illumination par au moins une première source lumineuse (1) et par au moins une seconde source lumineuse (2) d'un objet dont on souhaite valider qu'il correspond à un élément de corps humain;

- acquisition d'une image par un capteur d'image (3), les pixels de ladite image étant associés à au moins deux valeurs caractéristiques respectivement d'une première composante de couleur et d'une seconde composante de couleur;

- mise en oeuvre d'un traitement de validation fonction de comparaisons entre les valeurs de la seconde composante des pixels d'une zone d'intérêt de l'image et les valeurs de la première composante desdits pixels;

- validation ou non de l'authenticité de l'objet (5) en fonction du résultat du traitement de validation.



PROCEDE DE VALIDATION DE L'AUTHENTICITE D'UN ELEMENT DU CORPS HUMAIN

La présente invention se rapporte à un procédé pour la validation de ce qu'un objet est un
5 élément du corps humain ainsi qu'à un dispositif de validation configuré pour mettre en
œuvre un tel procédé et un procédé de calibration d'un tel dispositif de validation.

L'authentification par empreintes digitales ou par le réseau veineux est une des techniques
utilisées pour l'authentification biométrique. Une image d'un doigt illuminé est acquise et
10 analysée pour identifier un individu. Cependant, il est possible d'utiliser des leurres, des faux
doigts reproduisant les caractéristiques sur la base desquelles se fondent l'analyse de l'image,
comme par exemple des empreintes digitales ou le réseau veineux du doigt.

Dans le cas d'une identification basée sur la reconnaissance du réseau veineux, l'acquisition
15 des images de veines d'un doigt s'effectue au moyen d'un éclairage infrarouge et d'une
caméra sensible à l'infrarouge. En effet, les veines du doigt absorbent plus l'éclairage
infrarouge que les autres tissus sous-cutanés. Dans ce cas, un leurre présenté au capteur
d'acquisition de veine pour tromper le dispositif d'acquisition nécessite seulement de
présenter les bonnes propriétés d'absorption dans l'infrarouge.

20 Il est donc nécessaire de prévoir en sus un procédé de validation pour valider de ce que
l'objet analysé est bien un élément du corps humain, le plus souvent un doigt, mais il peut
s'agir de la main dans son ensemble, ou d'une autre partie du corps.

25 Différents procédés de validation ont été proposés, faisant en général appel à diverses
propriétés d'un doigt vivant plus ou moins difficiles à reproduire. Parmi ces solutions,
certaines visent à mettre en évidence l'apparition et la disparition des réseaux veineux en
fonction de la pression exercée par le doigt. Par exemple, la demande US2011/0129128 A1
décrit l'utilisation de capteurs de pression utilisés pour détecter une disparition de veine après
30 avoir un fort appui.

D'autres solutions visent à localiser les veines par un système interférométrique. Par
exemple, la demande EP 2328111 A1 utilise un système d'interférométrie optique pour
analyser l'onde lumineuse incidente, et l'onde diffusée par les tissus sous-cutanés, afin d'en

déduire la profondeur des veines et la différence de fréquence entre les deux ondes caractéristique du milieu cutané.

Cependant, outre l'efficacité variable de ces procédés, ceux-ci nécessitent généralement des dispositifs complexes, coûteux et encombrants. De plus, ils requièrent parfois une utilisation spécifique, comme par exemple une certaine pression du doigt, et la qualité de l'authentification dépend alors également du comportement de l'utilisateur. Enfin, ces solutions sont souvent difficiles à mettre en place dans les systèmes existants.

10 PRESENTATION DE L'INVENTION

L'invention a pour but de remédier au moins en partie à ces inconvénients et préférentiellement à tous, et vise notamment à proposer un procédé de validation sans inconvénients pour l'utilisateur, simple à mettre en œuvre, et ne nécessitant pas de dispositif complexe.

A cet effet, il est proposé un procédé pour la validation de ce qu'un objet est un élément du corps humain comprenant au moins les étapes suivantes :

- illumination par au moins une première source lumineuse et par au moins une seconde source lumineuse d'un objet dont on souhaite valider qu'il correspond à un élément de corps humain, ladite seconde source lumineuse émettant de la lumière à des longueurs d'onde inférieures à celles de la première source ;

- acquisition d'une image par un capteur d'image, les pixels de ladite image étant associés à au moins deux valeurs caractéristiques respectivement d'une première composante de couleur et d'une seconde composante de couleur, ladite seconde composante correspondant à au moins une longueur d'onde de la seconde source, les puissances lumineuses d'illumination respectives de la première source lumineuse et de la seconde source lumineuse étant préalablement calibrées pour que la première composante de couleur et la seconde composante de couleur soient statistiquement équilibrées pour un élément du corps humain authentique ;

- mise en œuvre d'un traitement de validation fonction de comparaisons entre les valeurs de la seconde composante des pixels d'une zone d'intérêt de l'image et les valeurs de la première composante desdits pixels ;

- validation ou non de l'authenticité de l'objet en fonction du résultat du traitement de

validation.

Le procédé est avantageusement complété par les caractéristiques suivantes, prises seules ou en quelconque de leurs combinaisons techniquement possibles:

- 5 - la première source lumineuse émet dans des longueurs d'onde entre 780 nm et 900 nm, et la seconde source lumineuse émet dans des longueurs d'onde s entre 435 nm et 550 nm ;
- la première composante de couleur et la seconde composante de couleur sont statistiquement équilibrées pour un élément authentique du corps humain lorsque la
- 10 différence entre la première composante de couleur et la seconde composante de couleur dans une zone d'une image correspondant audit élément du corps humain authentique est inférieure à un seuil ;
- le temps d'exposition pendant lequel est illuminé l'objet est préalablement déterminé par une étape au cours de laquelle l'objet est illuminé seulement par la première
- 15 source lumineuse à une puissance déterminée, ledit temps d'exposition correspondant au temps nécessaire pour que le niveau moyen d'exposition du capteur d'image à la lumière atteigne une valeur prédéterminée ;
- le traitement de validation est également fonction du temps d'exposition ;
- la puissance de la première source lumineuse est préalablement déterminé par une étape
- 20 (S11) au cours de laquelle l'objet (5) est illuminé (S10) seulement par la première source lumineuse (1) pendant un temps d'exposition déterminé, ladite puissance correspondant à la puissance nécessaire pour que le niveau moyen d'exposition du capteur d'image (3) à la lumière atteigne une valeur prédéterminée ;
- le traitement de validation est également fonction de la puissance de la première source
- 25 lumineuse ainsi déterminée ;
- le traitement de validation comprend le calcul d'un paramètre de réflexion qui est fonction de la somme des valeurs de la seconde composante des pixels de la zone d'intérêt dont la première composante est inférieure d'une valeur prédéterminée à la valeur de la seconde composante ;
- 30 - la somme est pondérée par l'inverse de poids fonctions d'une distribution spatiale prédéterminée de l'intensité lumineuse de la seconde source lumineuse ;
- le paramètre de réflexion β est déterminé selon la formule suivante :

$$\beta = \frac{1}{N_{ROI}} \sum_{x \in ROI} \frac{x_v \cdot H(x_v - (x_r + \varepsilon))}{\omega_x}$$

avec H la fonction de Heaviside, N_{ROI} le nombre total de pixels x de la zone d'intérêt ROI, x_r la valeur de la première composante du pixel x , x_v la valeur de la seconde composante du pixel x , ϵ une constante de seuil, et ω_x un poids prédéterminé fonction de l'intensité lumineuse de la seconde source lumineuse (2) pour le pixel x .

5

L'invention concerne également un produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes du procédé selon l'une l'invention lorsque ledit programme est exécuté par un ordinateur.

10 L'invention concerne également un dispositif de validation configuré pour mettre en œuvre un procédé de validation selon l'invention, ledit dispositif de validation comprenant

- au moins une première source lumineuse configurée pour émettre en direction de l'objet de la lumière;

- au moins une seconde source lumineuse configurée pour émettre en direction de

15 l'objet de la lumière à des longueurs d'onde inférieures à celles de la première source;

- un capteur d'image sensible à une gamme de longueur d'onde recouvrant au moins en partie la première plage de longueurs d'onde et la seconde plage de longueur d'onde, configuré pour acquérir une image de l'objet dont les pixels sont associés à au moins deux valeurs caractéristiques respectivement d'une première composante de couleur et d'une

20 seconde composante de couleur, ladite seconde composante correspondant à au moins une longueur d'onde de la seconde source lumineuse,

- une unité de traitement configurée pour mettre en œuvre un traitement de validation fonction de comparaisons entre les valeurs de la seconde composante des pixels et les valeurs de la première composante dans une zone d'intérêt de l'image.

25

L'invention concerne également un procédé de calibrage d'un dispositif de validation selon l'invention, comprenant au moins les étapes suivantes, pour chacun des éléments authentiques du corps humain d'une base d'apprentissage :

- illumination de l'élément authentique du corps humain par la première source

30 lumineuse,

- détermination d'un temps d'exposition correspondant au temps nécessaire pour que le niveau moyen d'exposition à la lumière du capteur d'image atteigne une valeur prédéterminée, la puissance lumineuse de la première source lumineuse étant choisie pour faire apparaître le réseau veineux à l'intérieur de l'élément du corps humain authentique sur

une image acquise par le capteur d'image,

- de façon itérative jusqu'à et tant que la différence entre la première composante de couleur et la seconde composante de couleur dans une zone d'intérêt de l'image correspondant à l'élément du corps humain authentique est inférieure à un seuil d'équilibre :

- 5
 - une illumination simultanée de l'élément du corps humain par la première source lumineuse et par la seconde source lumineuse pendant ledit temps d'exposition,
 - une acquisition d'une image par le capteur d'image,
 - une acquisition d'une image par le capteur d'image,
 - une augmentation de la puissance de la seconde source lumineuse,
- 10 - la puissance lumineuse de la seconde source lumineuse étant choisie de sorte à être statiquement représentative des puissances associées à chacun des éléments du corps humain authentiques de la base d'apprentissage ainsi déterminées.

PRESENTATION DES FIGURES

15

L'invention sera mieux comprise, grâce à la description ci-après, qui se rapporte à des modes de réalisations et des variantes selon la présente invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs et expliqués avec référence aux dessins schématiques annexés, dans lesquels:

- la figure 1 est un schéma illustrant un dispositif de validation selon un mode de
 20 réalisation possible de l'invention,
- la figure 2 est un schéma de principe illustrant des étapes du procédé de validation selon un mode de réalisation possible de l'invention,
- la figure 3 est un schéma de principe illustrant des étapes du procédé de calibration selon un mode de réalisation possible de l'invention ;
- 25 - la figure 4 est un exemple de distribution spatiale de l'intensité lumineuse de la seconde source lumineuse qui a été quantifiée selon 4 niveaux de poids.

DESCRIPTION DETAILLEE

- 30 Dans la description qui suit, l'élément du corps humain en question est un doigt, et l'objet est donc soit un doigt authentique, soit une fraude imitant un doigt, ce qui correspond à une application typique de l'invention.

En référence à la figure 1, un dispositif de validation selon un mode de réalisation de l'invention comporte au moins une première source lumineuse 1 émettant en direction du doigt 5 de la lumière dans une première plage de longueurs d'onde, et au moins une seconde source lumineuse 2 émettant en direction du doigt 5 de la lumière dans une seconde plage de longueurs d'onde dont les longueurs d'onde sont inférieures à celles de la première plage. La seconde source lumineuse émet donc de la lumière à des longueurs d'onde inférieures à celles de la première source lumineuse.

La première et la seconde source lumineuse 2 peuvent être constituées d'une ou plusieurs diodes électroluminescentes ou autres source de lumière, et sont regroupées par la longueur d'onde de leur éclairage. Dans l'exemple illustré, un support 7, par exemple un prisme, transparent, est utilisé pour que le doigt repose dessus.

La première plage de longueurs d'onde est de préférence dans l'infrarouge, tandis que la seconde plage de longueurs d'onde correspond à un spectre visible. De préférence, les longueurs d'onde de la première source lumineuse 1 et celles de la seconde source lumineuse 2 sont espacées d'au moins 200 nm. Par exemple, la première plage de longueurs d'onde est comprise entre 780 nm et 900 nm, et la seconde plage de longueurs d'onde est comprise entre 435 nm et 550 nm.

Il est possible de prévoir une deuxième seconde source lumineuse 2, avec des longueurs d'onde correspondant à une couleur autre que la première seconde source lumineuse 2, mais toujours dans le spectre visible. Par exemple, il est possible de prévoir une seconde source lumineuse 2 émettant dans le bleu, c'est-à-dire entre 435 et 500 nm, tandis qu'une autre seconde source lumineuse 2 émet dans le vert, c'est-à-dire de 500 à 550 nm. La description qui suit sera faite dans le cas d'une seule seconde source lumineuse 2 émettant dans le vert pour des raisons de simplicité.

Le dispositif de validation comprend également un capteur d'image 3 sensible à une gamme de longueur d'onde recouvrant au moins en partie la première plage de longueurs d'onde et la seconde plage de longueur d'onde, configurée pour acquérir une image de l'objet présenté au dispositif, typiquement un doigt. Le capteur d'image 3 est capteur photographique, composant électronique photosensible servant à convertir un rayonnement électromagnétique en un signal électrique analogique. Par exemple, il s'agit d'un capteur CCD couleur ou

similaire. Un miroir 6 peut être prévu pour renvoyer la lumière en direction du capteur d'image 3.

Un tel capteur couleur enregistre une image de l'objet avec, pour chaque pixel, des valeurs associées à des composantes de couleur. Typiquement, ces composantes de couleur sont le rouge, le vert et le bleu, d'où l'appellation courante de RVB (ou RGB en anglais). Ainsi, à chaque pixel x de l'image sont associés trois valeurs (x_r, x_v, x_b) caractéristiques de l'intensité lumineuse dans la composante, respectivement, rouge, verte et bleue.

- 10 Une matrice de filtres de couleur couramment utilisée est le filtre de Bayer, matrice composée de filtres de couleur rouge, verte et bleue, placé devant le capteur photographique qui enregistre alors les intensités lumineuses derrière chacun des filtres de la matrice, permettant d'associer une valeur à une composante colorée. Dans l'exemple des images 24 bits qui sera utilisé ici, les trois composantes sont chacune codées sur 8 bits et donc leur
- 15 valeur s'étend de 0 à 255. D'autres formats peuvent être utilisés, tant en couleur que dans le codage des valeurs.

- Le dispositif de validation comprend encore une unité de traitement 4 configurée pour mettre en œuvre un traitement de validation fonction de comparaisons entre les valeurs de la
- 20 seconde composante des pixels et les valeurs de la première composante des pixels dans une zone d'intérêt de l'image, afin de permettre de valider que l'objet correspond à un élément du corps humain, en l'occurrence le doigt 5. Cette unité de traitement 4 est typiquement un ordinateur muni d'un processeur et d'une mémoire.

- 25 Contrairement à beaucoup de matériaux, les tissus sous-cutanés d'un doigt ont des caractéristiques telles qu'ils diffusent plus la lumière infrarouge, qu'ils ne réfléchissent la lumière de longueur d'onde plus faible, comme le vert ou le bleu, contrairement à beaucoup de faux doigts. Il est donc proposé d'exploiter ce phénomène pour caractériser les doigts vivants afin de les distinguer des fraudes.

30

En référence à la figure 2, le procédé de validation comprend une étape S12 au cours de laquelle l'objet est illuminé par la première source lumineuse 1 et par la seconde source lumineuse 2 pendant un temps d'exposition.

Le temps d'exposition est préalablement déterminé par une étape S11 au cours de laquelle le doigt est illuminé seulement par la première source lumineuse S1). Le temps d'exposition correspond au temps nécessaire pour que le niveau moyen d'exposition à la lumière du capteur d'image atteigne une valeur prédéterminée. Par exemple, dans le cas de valeurs sur 8
5 bits, la valeur moyenne prédéterminée est un niveau de gris moyen de 128. En fonction des personnes, la diffusion de la lumière infrarouge dans le doigt varie, notamment en fonction de l'épaisseur de la peau, et donc le temps d'exposition de la caméra à l'éclairage infrarouge varie également selon les doigts. Cette détermination du temps d'exposition présente l'avantage de permettre d'adapter la durée d'illumination ultérieure à l'épaisseur de la peau
10 du doigt, ainsi il est possible indépendamment de l'épaisseur des doigts de révéler le réseau veineux à l'intérieur du doigt, constitué de l'hémoglobine désoxygénée absorbant l'éclairage infrarouge utilisé.

En outre, ce temps d'exposition peut être utilisé pour valider ou non l'authenticité du doigt,
15 puisqu'un leurre nécessite généralement un temps d'exposition sensiblement différent de celui nécessaire à un doigt humain. Un temps d'exposition s'écartant trop d'une plage d'acceptabilité signifie alors que l'objet présenté n'est pas un doigt authentique.

Alternativement, la puissance de la première source lumineuse peut être préalablement
20 déterminé par une étape au cours de laquelle l'objet 5 est illuminé seulement par la première source lumineuse 1 pendant un temps d'exposition déterminé, ladite puissance correspondant à la puissance nécessaire pour que le niveau moyen d'exposition du capteur d'image à la lumière atteigne une valeur prédéterminée. Le traitement de validation peut également être fonction de la puissance de la première source lumineuse ainsi déterminée, de façon similaire
25 au temps d'exposition.

Les puissances lumineuses d'illumination respectives de la première source lumineuse 1 et de la seconde source lumineuse 2 sont calibrées pour que la première composante de couleur et la seconde composante de couleur soient statistiquement équilibrées pour un élément du
30 corps humain authentique ;

Le capteur d'image 3 acquiert ensuite (étape S13) une image de l'objet illuminé. Il s'agit d'une image en couleur, les pixels de ladite image étant associés à au moins deux valeurs caractéristiques respectivement d'une première composante de couleur et d'une seconde

composante de couleur, ladite seconde composante correspondant à au moins une longueur d'onde de la seconde plage de longueurs d'onde. Dans l'exemple qui suit, la première composante de couleur est le rouge, tandis que la seconde composante de couleur est le vert. Comme indiqué précédemment, les composantes d'une image de couleur sont typiquement le rouge, le vert et le bleu, et la seconde composante pourrait également être du bleu.

Un traitement de validation est mis en œuvre sur cette image (étape S14). Ce traitement de validation est fonction de comparaisons entre les valeurs de la seconde composante des pixels d'une zone d'intérêt de l'image et les valeurs de la première composante desdits pixels.

Plus précisément, le traitement de validation comprend le calcul d'un paramètre de réflexion β qui est fonction de la somme des valeurs de la seconde composante des pixels de la zone d'intérêt dont la première composante est inférieure d'une valeur prédéterminée à la valeur de la seconde composante. De préférence, cette somme est pondérée par l'inverse d'un poids prédéterminé fonction de d'une distribution de l'intensité lumineuse de la seconde source lumineuse.

Une formulation possible pour la détermination du paramètre de réflexion β est la suivante :

$$\beta = \frac{1}{N_{ROI}} \sum_{x \in ROI} \frac{x_v \cdot H(x_v - (x_r + \varepsilon))}{\omega_x}$$

avec H la fonction de Heaviside, N_{ROI} le nombre total de pixels x de la zone d'intérêt ROI, x_r la valeur de la première composante du pixel x , x_v la valeur de la seconde composante du pixel x , ε une constante de seuil, et ω_x la valeur du poids prédéterminé lié à la distribution spatiale de l'intensité lumineuse de la seconde source lumineuse 2 pour le pixel x .

La constante de seuil ε est choisie de sorte à avoir un résultat moins sensible au bruit, et est par exemple d'au moins 5 dans une plage de valeurs 0-255 (codage 8 bits). Dans l'exemple, la première composante de couleur est le rouge, d'où l'indice r , et la seconde composante est le vert, d'où l'indice v .

Lorsque la seconde composante d'un pixel, i.e. x_v , n'est pas prise en compte par le paramètre de réflexion β , cela signifie que celle-ci n'est pas prépondérante par rapport à sa première composante, i.e. x_r . Par conséquent, cela indique que la diffusion de la lumière issue de la première source lumineuse 1 est prépondérante par rapport à la réflexion de la lumière issue

de la seconde source lumineuse 2. Au contraire, lorsque la seconde composante d'un pixel, i.e. x_v , est prise en compte par le paramètre de réflexion β , cela signifie que celle-ci est prépondérante par rapport à sa première composante, i.e. x_r . Par conséquent, cela indique que la réflexion de la lumière issue de la seconde source lumineuse 2 est prépondérante par rapport à la diffusion de la lumière issue de la première source lumineuse 1.

Lorsque la puissance de la seconde source lumineuse 2 est correctement calibrée par rapport à la puissance de la première source lumineuse 1, avec un temps d'exposition adéquat, un doigt réel présente généralement un phénomène de diffusion de la lumière émise par la première source lumineuse 1 qui est prépondérant, c'est-à-dire un paramètre de réflexion β faible. Au contraire, un leurre présente généralement un phénomène de réflexion de la lumière émise par la seconde source lumineuse 2 qui est prépondérant, c'est-à-dire un paramètre de réflexion β élevé.

Par conséquent, en fonction de la valeur prise par le paramètre de réflexion β , il est possible de valider ou non l'authenticité du doigt. Par exemple, un seuil d'acceptabilité peut être déterminé pour le paramètre de réflexion β , par exemple à partir d'une base d'apprentissage de vrais doigts et de leurres, au-delà duquel le doigt est considéré comme n'étant pas authentique, et en deçà duquel le doigt est considéré comme authentique.

Ce traitement de validation peut également prendre en compte le temps d'exposition, comme indiqué précédemment, pour valider ou non l'authenticité. On a alors une mesure consolidée constituée du couple paramètre de réflexion – temps d'exposition, qui permet de mieux encore discriminer les leurres des doigts réels.

Dans la formule du paramètre de réflexion β , on constate une pondération par le niveau d'éclairage du pixel par la seconde composante en l'absence de l'objet. Comme indiqué précédemment, cette distribution spatiale de l'intensité lumineuse de la seconde source lumineuse 2 quantifiée en plusieurs niveaux de poids est prédéterminée. Il s'agit de fait d'une caractéristique du dispositif de validation utilisé. De fait, l'éclairage de l'objet par la seconde source lumineuse n'est pas uniforme, et la détermination de la distribution spatiale de l'intensité lumineuse de la seconde source lumineuse 2 permet de mettre en œuvre le terme correctif ω_x afin de compenser ce manque d'homogénéité.

Pour déterminer cette distribution spatiale de l'intensité lumineuse de la seconde source lumineuse 2, une mire blanche correspondant à un papier blanc est posée sur la surface du support 7, et est illuminée par la seconde source lumineuse 2 seule. Le capteur d'image 3 acquiert une image de cette mire illuminée, sous une forme représentative de l'intensité de l'illumination par la seconde source lumineuse 2, comme par exemple une image en niveau de gris de la seconde composante de couleur, comme le vert.

Cette image est partitionnée en plusieurs zones par seuillage des niveaux de gris, chacune des zones étant associée à une valeur prise par les pixels de ladite zone. Cette valeur correspond au poids de l'intensité de l'éclairage de la seconde source lumineuse dans ladite zone. Cependant, il est préférable d'avoir les rapports entre les poids de l'intensité de l'éclairage de la seconde source lumineuse desdites zones qui correspondent aux rapports des intensités moyennes des pixels dans lesdites zones. Et ceci pour rester fidèle à la distribution spatiale de l'intensité lumineuse de la seconde source lumineuse. Par exemple, quatre zones peuvent être définies, correspondant respectivement à des zones de poids d'éclairage de la seconde source lumineuse de valeur 100, 50, 25 et 12.

La figure 4 illustre un exemple d'une telle image, avec

- une première zone 50 correspondant à la zone où l'intensité de la seconde source d'éclairage est la plus importante. , Ainsi, tous les pixels x dans ladite zone auront tous un poids $\omega_x = 100$, liée à l'intensité maximale de la seconde source d'éclairage.

- une seconde zone 51 correspondant à une zone d'intensité moins forte (intensité réduite d'un facteur 2 par rapport à la zone 50), e.g. , Ainsi, tous les pixels x dans ladite zone auront tous un poids $\omega_x = 50$.

- une troisième zone 52 correspondant à une zone d'intensité encore moins forte (intensité réduite d'un facteur 2 par rapport à la zone 51), e.g., Ainsi, tous les pixels dans la dite zone auront un poids $\omega_x = 25$.

- une quatrième zone 53 correspondant à une zone d'intensité plus faible (intensité réduite d'un facteur 2 par rapport à la zone 52), e.g.. Ainsi, tous les pixels dans ladite zone auront un poids $\omega_x = 12$.

Bien entendu, les valeurs données ici le sont à titre indicatif, et dépendent du dispositif utilisé. Le partitionnement doit notamment être déterminé en fonction des caractéristiques de la distribution spatiale de l'intensité lumineuse de la seconde source lumineuse 2. Le terme

ω_x intervenant dans le calcul du paramètre de réflexion β décrit plus haut prend alors les valeurs de poids : 100, 50, 25, 12 par exemple. Le partitionnement permet de simplifier les calculs et surtout d'éviter d'avoir des mesures de paramètres de réflexion très bruitées, mais il serait également possible de garder des valeurs de la distribution sans partitionnement.

5

La zone d'intérêt de l'image correspond à la zone susceptible de contenir les informations sur l'objet analysé. En effet, l'objet n'est pas représenté sur la totalité de l'image, et il est intéressant de ne prendre en compte qu'une partie seulement de l'image, celle où apparaît l'objet.

10

La zone d'intérêt est choisie pour correspondre à la zone de l'image correspondant à l'objet dont on souhaite valider qu'il s'agit d'un authentique élément du corps humain. On peut par exemple délimiter la zone d'intérêt en détectant le contour de la zone de l'image correspondant à la partie l'objet, notamment par la mise en œuvre d'un algorithme classique de détection de contours tel que le filtre de Canny ou de Deriche.

15

Comme indiqué plus haut, le dispositif de validation doit être calibré lors de sa mise en service, notamment en ce qui concerne le réglage de la puissance de la seconde source lumineuse 2. Il est possible d'utiliser un paramétrage déterminé par calcul. Cependant, dans la mesure où beaucoup de paramètres rentrent en jeu, tels que la position de la seconde source lumineuse 2, les longueurs d'onde utilisées ou encore la configuration du support 7, il est préférable de mettre en œuvre un procédé de calibrage du dispositif de validation comprenant au moins les étapes suivantes, pour chacun des éléments du corps humain authentiques d'une base d'apprentissage, en référence à la figure 3 :

20

- illumination (étape S20) de l'élément du corps humain authentique par la première source lumineuse 1,

25

- détermination d'un temps d'exposition (étape S21) correspondant au temps nécessaire pour que le niveau moyen d'exposition à la lumière du capteur d'image 3 atteigne une valeur prédéterminée, la puissance lumineuse de la première source lumineuse 1 étant choisie pour faire apparaître le réseau veineux à l'intérieur de l'élément du corps humain authentique sur une image acquise par le capteur d'image,

30

- de façon itérative jusqu'à et tant que tant que la différence entre la première composante de couleur et la seconde composante de couleur dans une zone d'intérêt de l'image correspondant à l'élément du corps humain authentique est inférieure à un seuil d'équilibre :

- une illumination (étape S22) simultanée de l'élément du corps humain par la première source lumineuse 1 et par la seconde source lumineuse 2 pendant ledit temps d'exposition,
 - une acquisition d'une image (étape S23) par le capteur d'image 3,
- 5 • une augmentation (étape S24) de la puissance de la seconde source lumineuse 2,
- la puissance lumineuse de la seconde source lumineuse étant choisie de sorte à être statiquement représentative des puissances associées à chacun des éléments du corps humain authentiques de la base d'apprentissage.
- 10 L'apparition du réseau veineux correspond notamment à ce que sur l'image acquise, les plus gros vaisseaux sanguins sous-cutanés situés à une profondeur comprise entre 1 à 2 mm puissent être distingués grâce à un contraste suffisamment prononcé par rapport à leur environnement (quelques points pour un codage 8 bits).
- 15 Il est à noter que la détermination du temps d'exposition, effectué sous l'éclairage de la seule première source lumineuse 1 comme dans le procédé exposé plus haut, dispense d'un réglage de la puissance de ladite première source lumineuse 1. La calibration de la puissance de la seconde source lumineuse 2 se fait par apprentissage sur une population d'éléments du corps humain authentiques (doigts vivants dans notre cas) représentatifs. La puissance lumineuse
- 20 de la seconde source lumineuse est ensuite choisie de sorte à être statiquement représentative des puissances associées à chacun des éléments du corps humain authentiques de la base d'apprentissage. Par exemple, une puissance médiane de la seconde source lumineuse 2 peut en être déduite et reste fixe.
- 25 La prédominance de la réflexion de la lumière issue de la seconde source lumineuse 2 par rapport à la diffusion de la lumière issue de la première source lumineuse 1, utilisée dans le traitement de validation de l'objet présenté, dépend entre autres de la quantité de lumière de la seconde source lumineuse 2 intégrée par le capteur d'images pendant un temps d'exposition dont le réglage est présenté ci-dessus. De fait, si l'illumination par la seconde
- 30 source lumineuse 2 est trop faible, alors le phénomène de diffusion sera toujours prépondérant, et il sera alors difficile de distinguer un leurre.

Par conséquent, la puissance de la seconde source lumineuse 2 est réglée de sorte à atteindre

un équilibre statistique entre les valeurs de la seconde composante des pixels et les valeurs de la première composante desdites pixels dans la zone d'intérêt de l'image, pour un élément du corps humain authentique. La première composante de couleur et la seconde composante de couleur sont statistiquement équilibrées pour un élément authentique du corps humain

5 lorsque la différence entre la première composante de couleur et la seconde composante de couleur dans une zone d'une image correspondant audit élément du corps humain authentique est inférieure à un seuil.

Dans le cas d'images 8 bits avec un codage de 0 à 255, ce seuil peut par exemple

10 correspondre à une différence de 10 entre la première composante de couleur et la seconde composante de couleur, de préférence de 5, et de préférence encore de 3.

La puissance de la seconde source lumineuse 2 utilisée pour le procédé de validation est ensuite déterminée à partir de la puissance adéquate enregistrée pour chacun des éléments du

15 corps humain authentiques de la base d'apprentissage, afin d'être statistiquement représentative des puissances associées à chacun des éléments du corps humain authentiques de la base d'apprentissage. Par exemple, il peut s'agir de la puissance médiane de celles-ci.

Dans le cas de l'utilisation de deux secondes sources lumineuses 2 différentes, par exemple

20 une verte (longueur d'onde comprise entre 500 et 550 nm) et une bleue (longueur d'onde comprise entre 435 et 500 nm), un paramètre de réflexion est associé à chacune des secondes sources lumineuses. Il y a donc par exemple un paramètre de réflexion prenant en compte les valeurs de la composante verte par rapport aux valeurs de la première composante et un paramètre de réflexion prenant en compte les valeurs de la composante bleue par rapport aux

25 valeurs de la première composante. Ainsi, deux mesures sont obtenues et peuvent être fusionnées, avec par exemple l'application d'un seuil pour le paramètre de réflexion de la lumière verte, l'application d'un seuil pour le paramètre de réflexion de la lumière bleue, puis une fusion des décisions obtenues, par exemple avec un « et » logique ou un « ou » logique. De même, la calibration est effectuée pour chacune desdites secondes sources lumineuses 2.

30 L'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit et représenté aux figures annexées. Des modifications restent possibles, notamment du point de vue de la constitution des divers caractéristiques techniques ou par substitution d'équivalents techniques, sans sortir pour autant du domaine de protection de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour la validation de ce qu'un objet est un élément (5) du corps humain comprenant au moins les étapes suivantes :

- 5 - illumination (S12) par au moins une première source lumineuse (1) et par au moins une seconde source lumineuse (2) d'un objet dont on souhaite valider qu'il correspond à un élément de corps humain, ladite seconde source lumineuse (2) émettant de la lumière à des longueurs d'onde inférieures à celles de la première source ;
- acquisition (S13) d'une image par un capteur d'image (3), les pixels de ladite image
- 10 étant associés à au moins deux valeurs caractéristiques respectivement d'une première composante de couleur et d'une seconde composante de couleur, ladite seconde composante correspondant à au moins une longueur d'onde de la seconde source, les puissances lumineuses d'illumination respectives de la première source lumineuse et de la seconde source lumineuse étant préalablement calibrées pour que la première composante de couleur
- 15 et la seconde composante de couleur soient statistiquement équilibrées pour un élément du corps humain authentique ;
- mise en œuvre (S14) d'un traitement de validation fonction de comparaisons entre les valeurs de la seconde composante des pixels d'une zone d'intérêt de l'image et les valeurs de la première composante desdits pixels ;
- 20 - validation ou non de l'authenticité (S15) de l'objet (5) en fonction du résultat du traitement de validation.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la première source lumineuse émet dans des longueurs d'onde entre 780 nm et 900 nm, et la seconde source lumineuse émet dans des

25 longueurs d'onde s entre 435 nm et 550 nm.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la première composante de couleur et la seconde composante de couleur sont statistiquement équilibrées pour un élément authentique du corps humain lorsque la différence entre la première composante de couleur et

30 la seconde composante de couleur dans une zone d'une image correspondant audit élément du corps humain authentique est inférieure à un seuil.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le temps d'exposition pendant lequel est illuminé l'objet est préalablement déterminé par une étape (S11) au cours

de laquelle l'objet (5) est illuminé (S10) seulement par la première source lumineuse (1) à une puissance déterminée, ledit temps d'exposition correspondant au temps nécessaire pour que le niveau moyen d'exposition du capteur d'image (3) à la lumière atteigne une valeur prédéterminée.

5

5. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel le traitement de validation est également fonction du temps d'exposition.

10

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la puissance de la première source lumineuse est préalablement déterminé par une étape au cours de laquelle l'objet (5) est illuminé seulement par la première source lumineuse (1) pendant un temps d'exposition déterminé, ladite puissance correspondant à la puissance nécessaire pour que le niveau moyen d'exposition du capteur d'image (3) à la lumière atteigne une valeur prédéterminée.

15

7. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel le traitement de validation est également fonction de la puissance de la première source lumineuse ainsi déterminée.

20

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel dans lequel le traitement de validation comprend le calcul d'un paramètre de réflexion qui est fonction de la somme des valeurs de la seconde composante des pixels de la zone d'intérêt dont la première composante est inférieure d'une valeur prédéterminée à la valeur de la seconde composante .

25

9. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel dans lequel ladite somme est pondérée par l'inverse de poids fonctions de la distribution spatiale prédéterminée de l'intensité lumineuse de la seconde source lumineuse (2).

10. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel le paramètre de réflexion β est déterminé selon la formule suivante :

$$\beta = \frac{1}{N_{ROI}} \sum_{x \in ROI} \frac{x_v \cdot H(x_v - (x_r + \varepsilon))}{\omega_x}$$

30

avec H la fonction de Heaviside, N_{ROI} le nombre total de pixels x de la zone d'intérêt ROI, x_r la valeur de la première composante du pixel x, x_v la valeur de la seconde composante du pixel x, ε une constante de seuil, et ω_x un poids prédéterminé fonction de l'intensité lumineuse de la seconde source lumineuse (2) pour le pixel x.

11. Produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes lorsque ledit programme est exécuté par un ordinateur.

5

12. Dispositif de validation configuré pour mettre en œuvre un procédé de validation selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, ledit dispositif de validation comprenant

- au moins une première source lumineuse (1) configurée pour émettre en direction de l'objet (5) de la lumière;

10

- au moins une seconde source lumineuse (2) configurée pour émettre en direction de l'objet (5) de la lumière à des longueurs d'onde inférieures à celles de la première source;

- un capteur d'image (3) sensible à une gamme de longueur d'onde recouvrant au moins en partie la première plage de longueurs d'onde et la seconde plage de longueur d'onde, configuré pour acquérir une image de l'objet (5) dont les pixels sont associés à au moins deux valeurs caractéristiques respectivement d'une première composante de couleur et d'une seconde composante de couleur, ladite seconde composante correspondant à au moins une longueur d'onde de la seconde plage de longueurs d'onde,

15

- une unité de traitement (4) configurée pour mettre en œuvre un traitement de validation fonction de comparaisons entre les valeurs de la seconde composante des pixels et les valeurs de la première composante dans une zone d'intérêt de l'image.

20

13. Procédé de calibrage d'un dispositif de validation selon la revendication précédente, comprenant au moins les étapes suivantes, pour chacun des éléments du corps humain authentiques d'une base d'apprentissage :

25

- illumination de l'élément du corps humain authentique par la première source lumineuse (1),

- détermination d'un temps d'exposition correspondant au temps nécessaire pour que le niveau moyen d'exposition à la lumière du capteur d'image (3) atteigne une valeur prédéterminée, la puissance lumineuse de la première source lumineuse (1) étant choisie pour faire apparaître le réseau veineux à l'intérieur de l'élément du corps humain authentique sur une image acquise par le capteur d'image,

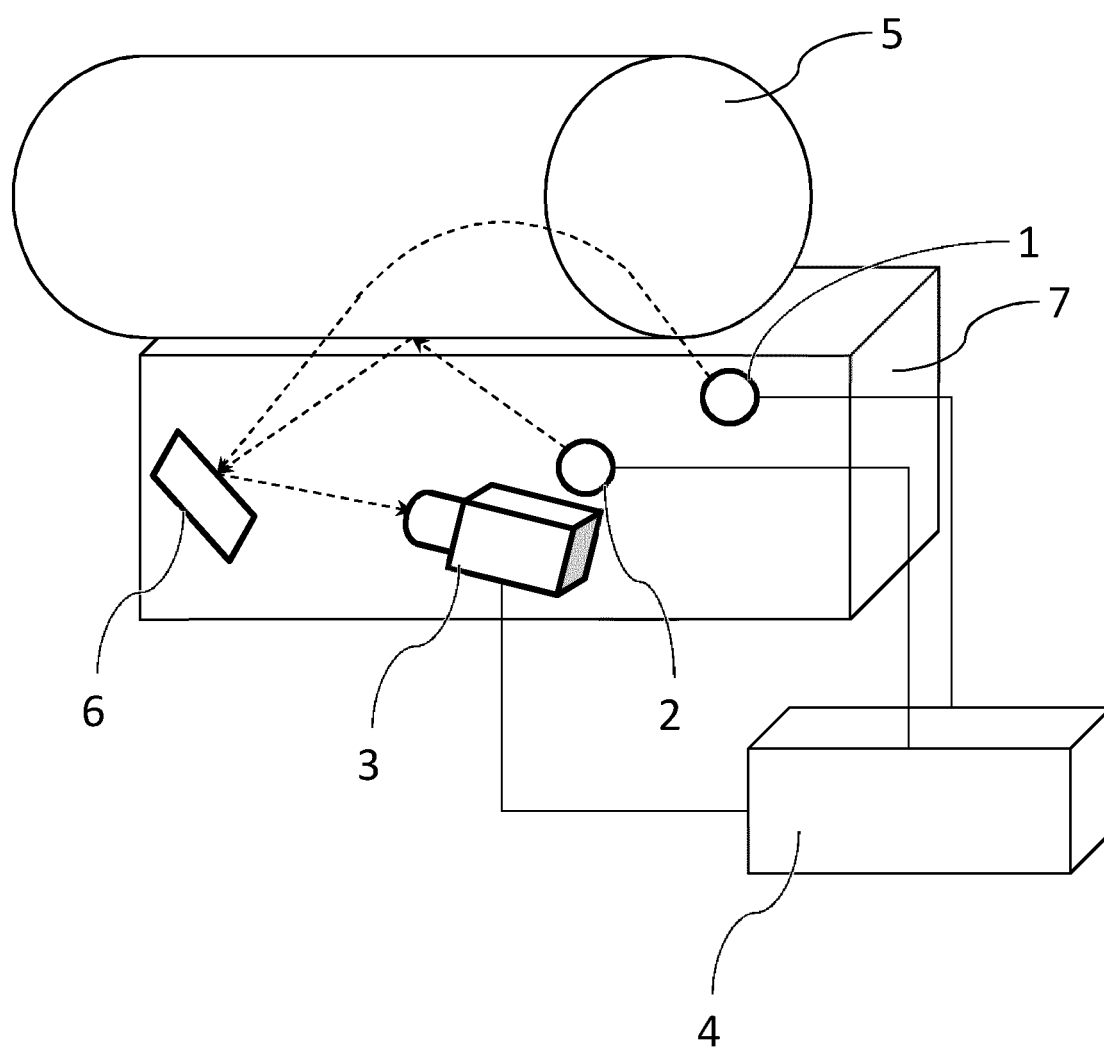
30

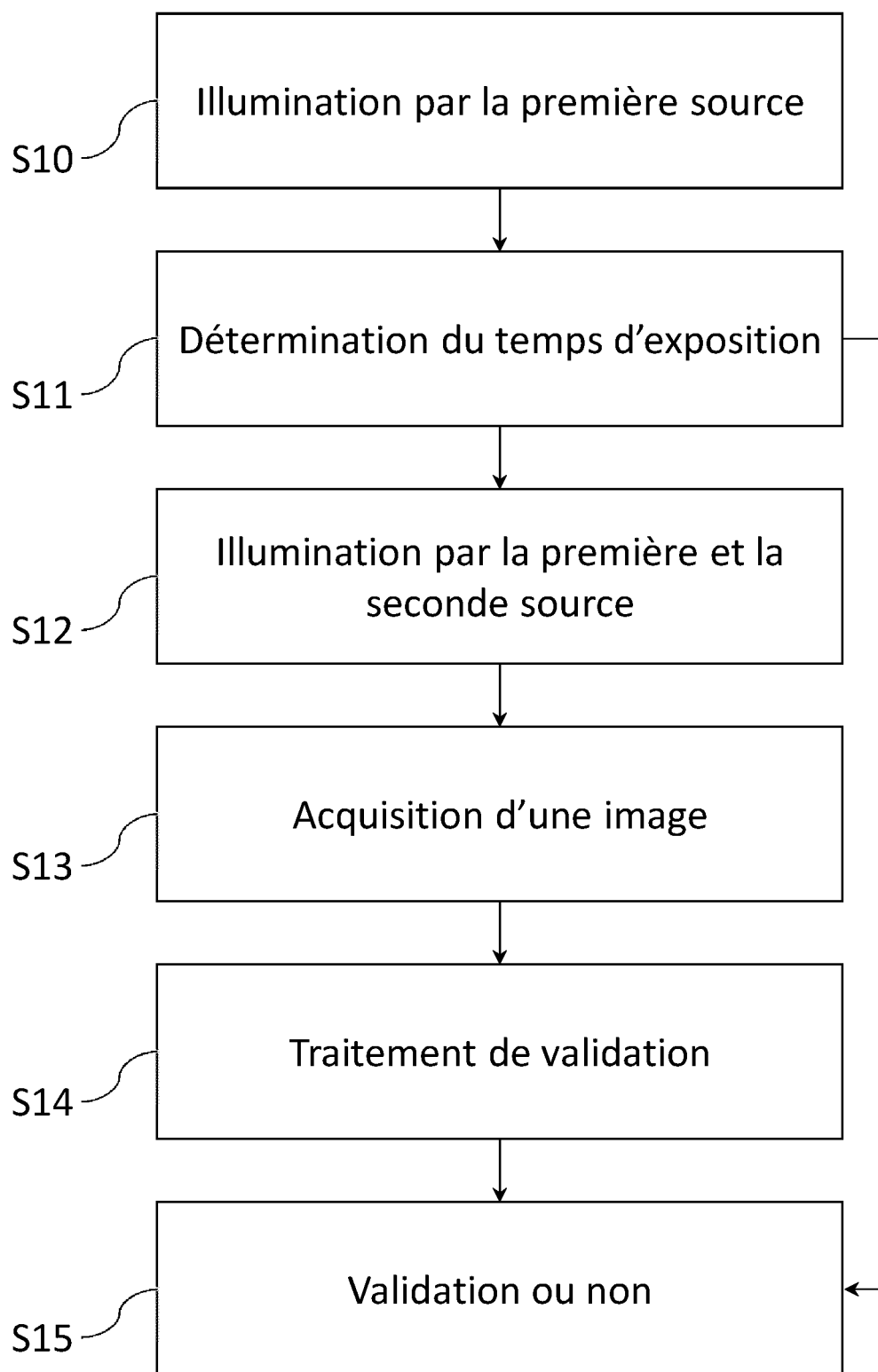
- de façon itérative jusqu'à et tant que la différence entre la première composante de couleur et la seconde composante de couleur dans une zone d'intérêt de l'image correspondant à l'élément du corps humain authentique est inférieure à un seuil d'équilibre :

- une illumination simultanée de l'élément du corps humain par la première source lumineuse (1) et par la seconde source lumineuse (2) pendant ledit temps d'exposition,
 - une acquisition d'une image par le capteur d'image (3),
- 5
- une acquisition d'une image (S23) par le capteur d'image (3),
 - une augmentation (S24) de la puissance de la seconde source lumineuse (2),
- la puissance lumineuse de la seconde source lumineuse étant choisie de sorte à être statiquement représentative des puissances associées à chacun des éléments du corps humain authentiques de la base d'apprentissage.

1/3

FIG 1



2/3**FIG 2**

3/3
FIG 3

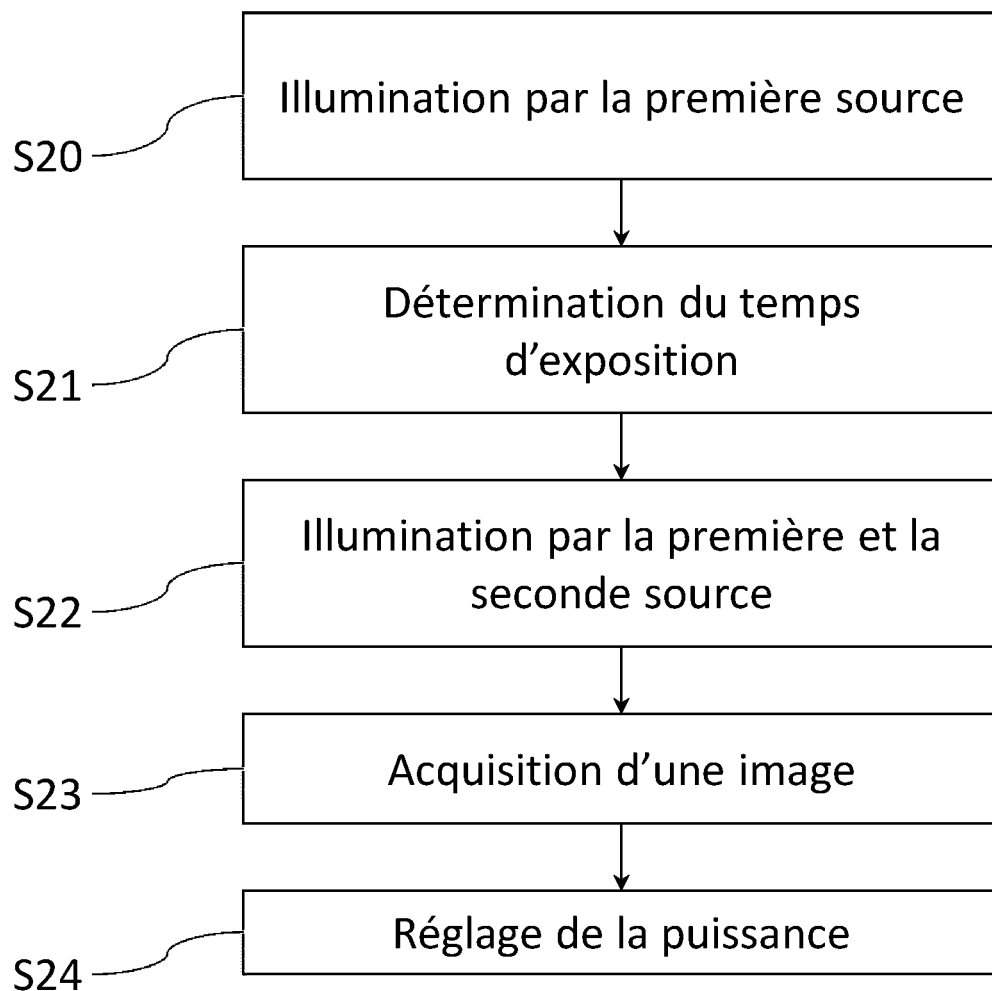
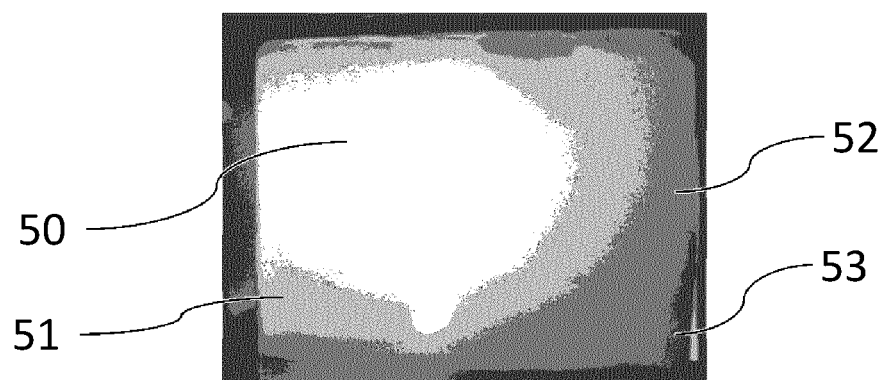


FIG 4





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 802199
FR 1454984

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2005/205667 A1 (ROWE ROBERT K [US]) 22 septembre 2005 (2005-09-22) * 0037, 0039, 0050, 0058, 0066 *	1-13	G06K9/60
A	US 6 292 576 B1 (BROWNLEE KENNETH [US]) 18 septembre 2001 (2001-09-18)	1	
A	EP 2 192 526 A2 (FUJITSU LTD [JP]) 2 juin 2010 (2010-06-02)	1	
A	US 2010/148068 A1 (SCHWANEBERG OLIVER [DE] ET AL) 17 juin 2010 (2010-06-17)	1	
A	WO 2011/047235 A1 (AUTHENTIX INC [US]; CRONIN PAUL [US]; WILDEY CHESTER [US]; HUNT ALAN K) 21 avril 2011 (2011-04-21)	1	
A	JP 2001 510579 A (KONINK PHILIPS ELECTRONICS NV) 31 juillet 2001 (2001-07-31)	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G06K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
5 mars 2015		Versluis, Anton	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1454984 FA 802199

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **05-03-2015**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2005205667	A1	22-09-2005	AT 478394 T	15-09-2010
			AU 2005316250 A1	22-06-2006
			CA 2591622 A1	22-06-2006
			CN 101124586 A	13-02-2008
			EP 1825416 A2	29-08-2007
			JP 2008523927 A	10-07-2008
			KR 20070090249 A	05-09-2007
			US 2005205667 A1	22-09-2005
			WO 2006066279 A2	22-06-2006

US 6292576	B1	18-09-2001	AU 4541501 A	12-09-2001
			US 6292576 B1	18-09-2001
			WO 0165471 A1	07-09-2001

EP 2192526	A2	02-06-2010	CN 101897590 A	01-12-2010
			EP 2192526 A2	02-06-2010
			JP 5098973 B2	12-12-2012
			JP 2010128822 A	10-06-2010
			KR 20100061353 A	07-06-2010
			US 2010127827 A1	27-05-2010

US 2010148068	A1	17-06-2010	DE 102007017713 A1	16-10-2008
			EP 2137671 A2	30-12-2009
			US 2010148068 A1	17-06-2010
			WO 2008125491 A2	23-10-2008

WO 2011047235	A1	21-04-2011	EP 2489073 A1	22-08-2012
			JP 2013509036 A	07-03-2013
			US 2011090485 A1	21-04-2011
			US 2012250002 A1	04-10-2012
			US 2014009752 A1	09-01-2014
			US 2014293270 A1	02-10-2014
			WO 2011047235 A1	21-04-2011

JP 2001510579	A	31-07-2001	CN 1251650 A	26-04-2000
			EP 0958485 A1	24-11-1999
			JP 2001510579 A	31-07-2001
			TW 397918 B	11-07-2000
			US 6327376 B1	04-12-2001
			WO 9928701 A1	10-06-1999
