

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 52410 B1** (51) Cl. internationale : **G01N 21/27; G01N 21/78; G01N 33/68; G01N 33/52; G01N 33/574; G01N 21/84**
- (43) Date de publication : **31.10.2023**

-
- (21) N° Dépôt : **52410**
- (22) Date de Dépôt : **25.02.2019**
- (30) Données de Priorité : **26.02.2018 EP 18158626**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/EP2019/054583 25.02.2019**
- (71) Demandeur(s) : **F. Hoffmann-La Roche AG, Grenzacherstrasse 124 4070 Basel (CH)**
- (72) Inventeur(s) : **LIMBURG, Bernd ; BERG, Max ; HAILER, Fredrik**
- (74) Mandataire : **SABA & CO., TMP**
- (86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation : EP 19707367.9
-
- (54) Titre : **PROCÉDÉS ET SYSTÈMES D'ÉTALONNAGE ET D'UTILISATION D'UNE CAMÉRA POUR DÉTECTER UN ANALYTE DANS UN ÉCHANTILLON**
- (57) Abrégé : L'invention concerne des méthodes, des programmes d'ordinateur et des systèmes (110, 112, 114) permettant d'étalonner et d'utiliser une caméra (116) afin de détecter un analyte dans un échantillon (131). La méthode d'étalonnage permettant d'étalonner une caméra (116) afin de détecter un analyte dans un échantillon (131) comprend : a) la fourniture d'un ensemble de systèmes de coordonnées de couleur, l'ensemble de systèmes de coordonnées de couleur comprenant une pluralité de systèmes de coordonnées de couleur différents conçus pour décrire une couleur d'un objet ; b) la fourniture d'un ensemble d'échantillons d'essai (122) présentant des concentrations connues de l'analyte ; c) l'application des échantillons d'essai (124) à un ensemble d'éléments d'essai (126), chaque élément d'essai (128) présentant au moins un champ d'essai (130) comprenant au moins un produit chimique d'essai conçu pour effectuer une réaction de détection optiquement détectable avec l'analyte, ce qui permet de créer au moins un champ d'essai coloré (130) pour chacun des échantillons d'essai (124) ; l'acquisition d'images des champs d'essai colorés (130) à l'aide de la caméra (116) ; e) la génération de coordonnées de couleur pour les images des champs d'essai colorés

(130), à l'aide des systèmes de coordonnées de couleur de l'ensemble de systèmes de coordonnées de couleur, ce qui permet de créer un ensemble de coordonnées de couleur pour les échantillons d'essai (124) et pour les systèmes de coordonnées de couleur ; f) la fourniture d'un ensemble de fonctions de codage, l'ensemble de fonctions de codage comprenant une pluralité de fonctions de codage permettant de transformer des coordonnées de couleur d'un champ d'essai (130) en une concentration correspondante de l'analyte dans l'échantillon ; g) la transformation de l'ensemble de coordonnées de couleur générées à l'étape e) en un ensemble de concentrations mesurées à l'aide de l'ensemble de fonctions de codage ; et h) la comparaison de l'ensemble de concentrations mesurées aux concentrations connues des échantillons d'essai (124) de l'ensemble d'échantillons d'essai (122) et la détermination du meilleur système de coordonnées de couleur de correspondance de l'ensemble de systèmes de coordonnées de couleur et de la meilleure fonction de codage de correspondance de l'ensemble de fonctions de codage pour lesquelles l'ensemble de concentrations mesurées correspond le mieux aux concentrations connues.

Revendications

1. Procédé d'étalonnage permettant d'étalonner une caméra (116) afin de détecter un analyte dans un échantillon (131), comprenant :
- 5
- a. la fourniture d'un ensemble de systèmes de coordonnées de couleur, l'ensemble de systèmes de coordonnées de couleur comprenant une pluralité de systèmes de coordonnées de couleur différents conçus pour

10

 - décrire la couleur d'un objet ;
 - b. la fourniture d'un ensemble d'échantillons d'essai (122) ayant des concentrations connues de l'analyte ;
 - c. l'application des échantillons d'essai (124) à

15

 - un ensemble d'éléments d'essai (126), chaque élément d'essai (128) ayant au moins un champ d'essai (130) comprenant au moins un produit chimique d'essai conçu pour effectuer une réaction de détection optiquement détectable avec l'analyte, cela permettant de créer au

20

 - moins un champ d'essai coloré (130) pour chacun des échantillons d'essai (124) ;
 - d. l'acquisition d'images des champs d'essai colorés (130) à l'aide de la caméra (116) ;
 - e. la génération de coordonnées de couleur pour les

25

 - images des champs d'essai colorés (130), à l'aide des systèmes de coordonnées de couleur de l'ensemble de systèmes de coordonnées de couleur, cela permettant de créer un ensemble de coordonnées de couleur pour les échantillons d'essai (124) et pour les systèmes de

30

 - coordonnées de couleur ;
 - f. la fourniture d'un ensemble de fonctions de codage, l'ensemble de fonctions de codage comprenant une pluralité de fonctions de codage permettant de transformer des coordonnées de couleur d'un champ d'essai

35

 - (130) en une concentration correspondante de l'analyte dans l'échantillon ;
 - g. la transformation de l'ensemble de coordonnées de couleur généré à l'étape e. en un ensemble de

concentrations mesurées à l'aide de l'ensemble de fonctions de codage ; et

h. la comparaison de l'ensemble de concentrations mesurées aux concentrations connues des échantillons d'essai (124) de l'ensemble de échantillons d'essai (122) et la détermination d'un système de coordonnées de couleur de meilleure correspondance de l'ensemble de systèmes de coordonnées de couleur et d'une fonction de codage de meilleure correspondance de l'ensemble de fonctions de codage pour lesquelles l'ensemble de concentrations mesurées correspond le mieux aux concentrations connues.

2. Procédé d'étalonnage selon la revendication précédente, dans lequel la caméra (116) est une caméra de téléphone intelligent.

3. Procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'ensemble de systèmes de coordonnées de couleur est défini par un ensemble de fonctions paramétrées pour la transformation de coordonnées de couleur, dans lequel un ensemble de paramètres des fonctions paramétrées caractérise chacun des systèmes de coordonnées de couleur.

4. Procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape e. comprend :

e1. la génération de coordonnées de couleur dépendant de la caméra pour les images du champ d'essai coloré (130) ;

e2. la transformation des coordonnées de couleur dépendant de la caméra en coordonnées de couleur indépendantes de la caméra, à l'aide d'un premier algorithme de transformation ;

e3. la transformation des coordonnées de couleur indépendantes de la caméra en coordonnées de couleur pour les systèmes de coordonnées de couleur de l'ensemble de systèmes de coordonnées de couleur à l'aide d'un deuxième

algorithme de transformation, cela permettant de créer l'ensemble de coordonnées de couleur pour les échantillons d'essai (124) et pour les systèmes de coordonnées de couleur.

5

5. Procédé d'étalonnage selon la revendication précédente, dans lequel le deuxième algorithme de transformation comprend la transformation de coordonnées de couleur indépendantes de la caméra en les coordonnées de couleur de l'ensemble de coordonnées de couleur à l'aide de fonctions paramétrées.

6. Procédé d'étalonnage selon la revendication précédente, dans lequel le deuxième algorithme de transformation comprend la transformation de coordonnées de couleur indépendantes de la caméra (X, Y, Z) en l'ensemble de coordonnées de couleur (F, m, b) à l'aide des fonctions paramétrées suivantes :

$$20 \quad F = \begin{cases} P_1 * \sqrt[3]{y_r} - P_2 & \text{si } y_r > \varepsilon \\ \kappa y_r & \text{sinon} \end{cases} \quad (2.1)$$

$$m = P_3 * F(m' - m'_r) \quad (2.2)$$

$$b = P_3 * F(b' - b'_r) \quad (2.3)$$

avec :

$$y_r = \frac{Y}{Y_r}$$

25

$$m' = \frac{P_4 * X}{P_5 * X + P_6 * Y + P_7 * Z}$$

$$b' = \frac{P_8 * X}{P_9 * X + P_{10} * Y + P_{11} * Z}$$

$$m'_r = \frac{P_4 * X_r}{P_5 * X_r + P_6 * Y_r + P_7 * Z_r}$$

$$b'_r = \frac{P_8 * X_r}{P_9 * X_r + P_{10} * Y_r + P_{11} * Z_r}$$

30 et P₁-P₁₁ étant des paramètres.

7. Procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des trois revendications précédentes, dans lequel les coordonnées de couleur indépendantes de la caméra sont

des coordonnées de couleur basées sur la sensibilité de l'œil humain, dans lequel les coordonnées de couleur indépendantes de la caméra sont des valeurs de tristimulus, dans lequel le deuxième algorithme de transformation tient compte de l'éclairage des champs d'essai, dans lequel les coordonnées de couleur dépendant de l'éclairage (F, m, b) sont transformées en coordonnées de couleur relatives ($F_{rel}, m_{rel}, b_{rel}$) à l'aide d'une ou de plusieurs des équations suivantes :

$$10 \quad F_{rel} = \frac{F}{F_R} \quad (3.1)$$

$$F_{rel} = \frac{F-F_R}{F_R} \quad (3.2)$$

$$F_{rel} = \frac{F-F_R}{F+F_R} \quad (3.3)$$

$$m_{rel} = \frac{m}{m_R} \quad (3.4)$$

$$m_{rel} = \frac{m-m_R}{m_R} \quad (3.5)$$

$$15 \quad m_{rel} = \frac{m-m_R}{m+m_R} \quad (3.6)$$

$$b_{rel} = \frac{b}{b_R} \quad (3.4)$$

$$b_{rel} = \frac{b-b_R}{b_R} \quad (3.5)$$

$$b_{rel} = \frac{b-b_R}{b+b_R} \quad (3.6)$$

où (F_R, m_R, b_R) sont des coordonnées de couleur dérivées d'une image d'un champ de référence éclairé.

8. Procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des quatre revendications précédentes, dans lequel le premier algorithme de transformation est déterminé lors d'un processus d'étalonnage de caméra par acquisition d'au moins une image d'au moins un champ de couleur de référence ayant des coordonnées de couleur connues indépendantes de la caméra.

9. Procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape h. est exécutée de telle sorte que, dans une plage de mesure de concentrations prédéterminée, des échantillons ayant des concentrations équidistantes conduisent à des coordonnées de couleur, dans le système de coordonnées

de couleur de meilleure correspondance, qui présentent des différences de couleur sensiblement équidistantes.

10. Procédé de détection d'un analyte dans un échantillon (131), comprenant :
- 5
- A. la fourniture d'une caméra (116) ;
 - B. l'étalonnage de la caméra (116) à l'aide du procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendications précédentes ;
 - 10 C. l'application de l'échantillon (131) à un élément d'essai (128), l'élément d'essai (128) ayant au moins un champ d'essai (130) comprenant au moins un produit chimique d'essai conçu pour effectuer une réaction de détection optiquement détectable avec l'analyte, cela
 - 15 permettant de créer au moins un champ d'essai coloré (130) pour l'échantillon (131) ;
 - D. l'acquisition d'au moins une image du champ d'essai coloré (130) ;
 - E. la génération de coordonnées de couleur du champ
 - 20 d'essai (130) à l'aide du système de coordonnées de couleur de meilleure correspondance ;
 - F. la transformation des coordonnées de couleur en une concentration de mesure de l'analyte dans l'échantillon (131) à l'aide de la fonction de codage de
 - 25 meilleure correspondance.

11. Procédé de détection selon la revendication précédente, dans lequel les étapes C.-F. sont effectuées de manière répétée, dans lequel l'étape B. est effectuée
- 30 soit une seule fois initialement pour une pluralité de répétitions des étapes C.-F., soit à chaque fois avant d'effectuer les étapes C.-F.

12. Système d'étalonnage (112) permettant d'étalonner
- 35 une caméra (116) afin de détecter un analyte dans un échantillon (131) à l'aide de la caméra (116), le système d'étalonnage (112) comprenant au moins un ordinateur (119) ou un réseau d'ordinateurs (120), un ensemble d'échantillons d'essai (122) ayant des concentrations

connues de l'analyte et un ensemble d'éléments d'essai (126), chaque élément d'essai (128) ayant au moins un champ d'essai (130), le système d'étalonnage (112) étant conçu pour effectuer les étapes a, d, e, f, g et h d'un
5 procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendications précédentes se référant à un procédé d'étalonnage.

13. Système de détection (114) permettant de détecter
10 un analyte dans un échantillon (131) à l'aide d'au moins un élément d'essai (128) ayant au moins un champ d'essai (130) comprenant au moins un produit chimique d'essai conçu pour effectuer une réaction de détection optiquement détectable avec l'analyte, le système de
15 détection (114) comprenant au moins une caméra (116), le système de détection (114) comprenant en outre au moins un ordinateur (119) ou un réseau d'ordinateurs (120), au moins un échantillon (131) et au moins un élément d'essai (128), l'élément d'essai (128) ayant au moins un champ
20 d'essai (130), le système de détection (114) étant conçu pour effectuer les étapes B, D, E et F d'un procédé de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes se référant à un procédé de détection.

25 14. Système (110) permettant de détecter un analyte dans un échantillon, comprenant le système d'étalonnage (112) et le système de détection (114) selon les deux revendications précédentes.

30 15. Programme d'ordinateur comprenant des instructions qui, lorsque le programme d'ordinateur est exécuté par le système d'étalonnage (112) selon la revendication 12 ou par le système de détection (114) selon la revendication 13, amènent le système d'étalonnage (112)
35 selon la revendication 12 ou le système de détection (114) selon la revendication 13 à exécuter respectivement les étapes a, d, e, f, g et h d'un procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendications précédentes se référant à un procédé d'étalonnage ou les étapes B, D, E

et F d'un procédé de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes se référant à un procédé de détection.