



(11)

EP 3 905 209 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
03.11.2021 Bulletin 2021/44

(51) Int Cl.:
G07D 7/00 (2016.01) **G07D 7/12** (2016.01)
G07D 7/206 (2016.01) **G07D 7/004** (2016.01)
G07D 7/005 (2016.01)

(21) Numéro de dépôt: **21170521.5**

(22) Date de dépôt: **26.04.2021**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(71) Demandeur: **IDEMIA France**
92400 Courbevoie (FR)

(72) Inventeurs:
• **AZUELOS, Paul**
92400 COURBEVOIE (FR)
• **LOSTANLEN, Mateo**
92400 COURBEVOIE (FR)

(30) Priorité: **28.04.2020 FR 2004207**

(74) Mandataire: **Cabinet Beau de Loménie**
158, rue de l'Université
75340 Paris Cedex 07 (FR)

(54) DISPOSITIF DE SÉCURITÉ À BASE D'UNE IMAGE EN NIVEAU DE GRIS

(57) L'invention vise un procédé de sécurisation comprenant : acquisition d'une première image (IMG1) comportant une première et une deuxième dimension spatiale (DM1, DM2) et une troisième dimension (DM3) définissant une dimension spatiale, une dimension colorimétrique ou une dimension spectrale ; compression de la première image en une deuxième image (IMG2) en niveaux de gris comprenant une pluralité de pixels (PL) présentant chacun un niveau de gris (NG) représentatif

d'au moins une composante dans la troisième dimension d'un pixel (PX) correspondant de la première image; et la formation de la deuxième image en niveaux de gris sur un support. La compression peut comprendre l'application d'une fonction de transfert (F1) pour déterminer, à partir des composantes dans la troisième dimension de chaque pixel de la première image, les niveaux de gris des pixels correspondants de la deuxième image.

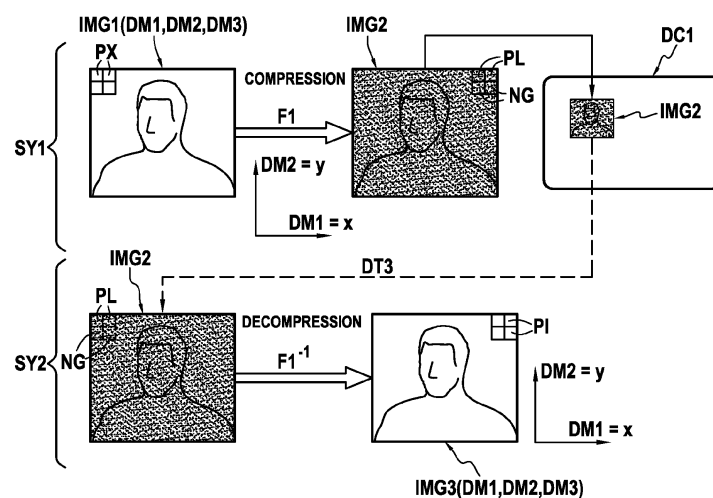


FIG. 3

DescriptionDomaine Technique

5 **[0001]** L'invention se rapporte au domaine des dispositifs de sécurité permettant d'authentifier de façon sécurisée des objets quelconques tels que documents, par exemple du type documents identitaires ou des documents officiels. L'invention vise notamment des dispositifs de sécurité formés à partir d'une image en niveau de gris représentative de pixels d'une image de départ qui peut être de diverses natures.

10 **[0002]** L'invention trouve une application particulière dans l'authentification d'objets à partir de dispositifs de sécurité formés sur un support.

Technique antérieure

15 **[0003]** La sécurisation des documents a connu de nombreux développements ces dernières années. Diverses techniques ont été développées pour sécuriser des documents en vue de combattre les falsifications, duplications et reproductions illicites. Ainsi, les documents identitaires (passeports, cartes d'identité, permis de conduire, etc.) et autres documents officiels (documents notariés, billets de banque, etc.) sont généralement équipés de dispositifs de sécurité plus ou moins complexes que l'on peut authentifier et qu'il est difficile de falsifier ou reproduire sans l'équipement et les compétences adéquats. Des dispositifs de sécurité connus sont par exemple réalisés à base de filigranes, images

20 couleurs ou en niveaux de gris, hologrammes ou autres.

[0004] Les technologies sur lesquelles reposent certains dispositifs de sécurité connus restent néanmoins à la portée des faussaires qui disposent parfois de ressources importantes.

25 **[0005]** Un besoin existe donc aujourd'hui un besoin pour des dispositifs de sécurité plus complexes qui peuvent être authentifiés de façon fiable et sécurisée, et qui sont difficiles à falsifier ou à reproduire, dans le but notamment de renforcer la sécurité de quelconques objets, notamment des documents, tels que par exemple des documents identitaires ou tous autres documents.

Exposé de l'invention

30 **[0006]** A cet effet, la présente invention concerne un procédé de sécurisation mis en oeuvre par un système de sécurisation, le procédé comprenant :

- acquisition d'une première image caractérisée dans au moins N dimensions comprenant une première et une deuxième dimension spatiale et une troisième dimension, N étant un entier supérieur ou égal à 3, ladite troisième dimension définissant l'une parmi :

35 o une dimension spatiale autre que les première et deuxième dimensions spatiales ;
 o une dimension colorimétrique dans un espace colorimétrique ; et
 o une dimension spectrale dans un espace spectral ;
 40 la première image comprenant une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions et par au moins deux composantes dans ladite troisième dimension;

- compression de la première image en une deuxième image en niveaux de gris comprenant une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris représentatif d'au moins une composante dans ladite troisième dimension d'un pixel correspondant de la première image,
 45 ladite compression comprenant l'application d'une fonction de transfert pour déterminer, à partir des composantes dans ladite troisième dimension de chaque pixel de la première image, les niveaux de gris des pixels correspondants de la deuxième image ; et
- la formation de la deuxième image en niveaux de gris sur un support.

50 **[0007]** L'invention permet ainsi de former des images en niveaux de gris faisant office de dispositifs de sécurité qui sont authentifiables de façon fiable et sécurisée, et qui sont difficiles à falsifier ou à reproduire, ce qui permet de sécuriser un objet ou support quelconque.

55 **[0008]** Le niveau de protection élevé ainsi obtenu résulte notamment du fait que plusieurs technologies de natures différentes sont combinées pour limiter ou empêcher toutes falsifications ou reproductions illicites. En effet, pour former une deuxième image en niveau de gris selon le concept de l'invention, un faussaire doit mettre en oeuvre une compression numériques de la première image source ce qui implique des moyens de traitement informatique adéquats, et doit en outre disposer des moyens nécessaires pour reproduire physiquement (par impression, gravure laser ou autre selon le

cas) cette deuxième image sur un support avec un niveau de qualité suffisant pour pouvoir être lue et exploitée par la suite. Sans la fonction de transfert appropriée, la génération de la deuxième image en niveaux de gris n'est pas possible.

[0009] Selon un mode de réalisation particulier, les pixels de la deuxième image en niveaux de gris présentent chacun un niveau de gris représentatif d'une unique composante, dans la troisième dimension, d'un pixel correspondant dans la première image, ladite unique composante étant sélectionnée par la fonction de transfert pour chaque pixel de ladite première image.

[0010] Selon un mode de réalisation particulier, les pixels de la deuxième image en niveaux de gris présentent un niveau de gris représentatif d'une combinaison linéaire d'au moins deux composantes dans la troisième dimension d'un pixel correspondant de la première image, ladite combinaison linéaire étant définie par la fonction de transfert pour chaque pixel de ladite première image.

[0011] Selon un mode de réalisation particulier, la compression est une compression avec perte de données de sorte que parmi les P composantes dans la troisième dimension de chaque pixels de la première image, la fonction de transfert ne sélectionne que Q composantes qui sont représentées dans le niveau de gris du pixel correspondant dans la deuxième image, P et Q étant des entiers tels que $1 \leq Q < P$.

[0012] Selon un mode de réalisation particulier, N=3 et la troisième dimension est une dimension colorimétrique dans un espace colorimétrique de sorte que :

- la première image acquise lors de ladite acquisition est une image couleur comprenant une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions et par au moins deux composantes de couleur dans ledit espace colorimétrique; et
- la deuxième image générée lors de ladite compression comprend une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris représentatif d'au moins une composante de couleur d'un pixel correspondant de la première image,
- ladite compression comprenant l'application de la fonction de transfert pour déterminer, à partir des composantes de couleur de chaque pixel de la première image, les niveaux de gris des pixels correspondants de la deuxième image.

[0013] Selon un mode de réalisation particulier, N=3 et la troisième dimension est une dimension spatiale autre que les première et deuxième dimensions spatiales de sorte que :

- la première image acquise lors de ladite acquisition est une image 3D comprenant une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions et par au moins deux composantes de position dans ladite troisième dimension spatiale ; et
- la deuxième image générée lors de ladite compression comprend une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris représentatif d'au moins une composante de position dans la troisième dimension spatiale d'un pixel correspondant de la première image,
- ladite compression comprenant l'application de la fonction de transfert pour déterminer, à partir des composantes de position dans la troisième dimension spatiale de chaque pixel de la première image, les niveaux de gris des pixels correspondants de la deuxième image.

[0014] Selon un mode de réalisation particulier, N=3 et la troisième dimension est une dimension spectrale dans un espace spectral de sorte que :

- la première image acquise lors de ladite acquisition est une image spectrale comprenant une pluralité de pixels caractérisés par leur position respective dans les première et deuxième dimensions et par au moins deux composantes d'intensité spectrale dans ladite troisième dimension spectrale ;
- la deuxième image générée lors de ladite compression comprend une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris représentatif d'au moins une composante d'intensité spectrale d'un pixel correspondant de la première image,
- ladite compression comprenant l'application de la fonction de transfert pour déterminer, à partir des composantes d'intensité spectrale de chaque pixel de la première image, les niveaux de gris des pixels correspondants de la deuxième image.

[0015] Selon un mode de réalisation particulier, ladite deuxième image forme un dispositif de sécurité qui est authentifiable en comparant la première image avec une troisième image obtenue par application de l'inverse de la fonction de transfert à la deuxième image présente sur le support.

[0016] Selon un mode de réalisation particulier, la deuxième image est formée sur le support par l'un au moins parmi les procédés de formation suivants :

- formation de la troisième image par gravure laser ;
- impression de la troisième image sur le support ; et
- formation de la troisième image par micro-perforations.

5 **[0017]** Selon un mode de réalisation particulier, la formation de la deuxième image comprend la projection d'un rayonnement laser sur le support pour former chaque pixel de la deuxième image en délivrant une énergie qui est fonction du niveau de gris dudit pixel.

[0018] Dans un mode particulier de réalisation, les différentes étapes du procédé de sécurisation de l'invention sont déterminées par des instructions de programmes d'ordinateurs.

10 **[0019]** En conséquence, l'invention vise aussi un programme d'ordinateur sur un support d'informations (ou des programmes d'ordinateur sur un même support d'informations ou des supports d'informations séparés), ce programme étant susceptible d'être mis en oeuvre dans un dispositif électronique tel qu'un ordinateur, ce programme comportant des instructions adaptées à la mise en oeuvre des étapes d'un procédé de sécurisation tel que défini dans ce document.

15 **[0020]** L'invention vise aussi un support d'enregistrement (ou support d'informations) lisible par un ordinateur, et comportant des instructions d'un programme d'ordinateur tel que mentionné ci-dessus.

[0021] L'invention vise également un procédé de traitement pour lire une deuxième image en niveaux de gris formée sur un support conformément au procédé de sécurisation de l'invention. En particulier, l'invention vise un procédé de traitement mis en oeuvre par un système de traitement, comprenant :

- 20
- acquisition optique d'une deuxième image en niveau de gris comprenant une pluralité de pixels formés sur un support, pour obtenir des données d'image définissant un niveau de gris de chaque pixel de ladite deuxième image,
 - génération, à partir desdites données d'image, d'une troisième image caractérisée dans au moins N dimensions comprenant une première et une deuxième dimension spatiale et une troisième dimension, N étant un entier supérieur ou égal à 3, ladite troisième dimension définissant l'un parmi :

25

- o une dimension spatiale autre que les première et deuxième dimensions spatiales ;
- o une dimension colorimétrique dans un espace colorimétrique ; et
- o une dimension spectrale dans un espace spectrale ;

30 la troisième image comprenant une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions et par au moins deux composantes dans ladite troisième dimension, ladite génération comprenant l'application d'une fonction de transfert inverse pour déterminer, à partir des niveaux de gris respectifs de chaque pixel de la deuxième image, au moins une composante dans la troisième dimension des pixels correspondants de la troisième image ; et

- 35
- authentification de la troisième image par comparaison des pixels de la troisième image avec les pixels d'une première image de référence.

40 **[0022]** L'invention permet ainsi d'authentifier de façon fiable et sécurisée une deuxième image en niveaux de gris conforme au principe de l'invention. Pour ce faire, un tiers doit disposer des moyens d'acquisition optique adéquats pour réaliser une capture optique de la deuxième image formée sur un support puis doit avoir recours aux moyens de traitement informatique nécessaires pour générer puis authentifier la troisième image. Sans la fonction de transfert inverse, il n'est pas possible de reconstituer la troisième image à partir de la deuxième image en niveaux de gris IMG2, ce qui fait de la deuxième image en niveaux de gris un dispositif de sécurité fiable offrant un bon niveau de sécurité.

45 **[0023]** Selon un mode de réalisation particulier, l'authentification de la troisième image comprend une comparaison des composantes dans la troisième dimension des pixels desdites première et troisième images pour déterminer si elles coïncident.

[0024] Selon un mode de réalisation particulier, ladite génération comprend une conversion, selon la fonction de transfert inverse, du niveau de gris de chaque pixel de la deuxième image en une unique composante dans la troisième dimension d'un pixel correspondant de la troisième image.

50 **[0025]** Selon un mode de réalisation particulier, ladite génération comprend une conversion, selon la fonction de transfert inverse, du niveau de gris de chaque pixel de la deuxième image en une combinaison linéaire d'au moins deux composantes dans la troisième dimension d'un pixel correspondant de la troisième image.

[0026] Selon un mode de réalisation particulier, la génération de la troisième image comprend en outre :

- 55
- détermination pour chaque pixel de la troisième image d'au moins une composante manquante dans la troisième dimension, autre que ladite au moins une composante dans la troisième dimension obtenue par application de ladite fonction de transfert inverse pour ledit pixel, en interpolant des composantes correspondantes dans la troisième dimension de pixels voisins audit pixel dans ladite troisième image.

[0027] Selon un mode de réalisation particulier, $N=3$ et la troisième dimension est une dimension colorimétrique dans un espace colorimétrique de sorte que :

- la troisième image générée lors de ladite génération est une image couleur comprenant une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions et par au moins deux composantes de couleur dans ledit espace colorimétrique; et
- la deuxième image acquise lors de ladite acquisition optique comprend une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris représentatif d'au moins une composante de couleur d'un pixel correspondant de la troisième image, ladite génération comprenant l'application de la fonction de transfert inverse pour déterminer, à partir des niveaux de gris des pixels de la deuxième image, au moins une composante de couleur de chaque pixel de la troisième image.

[0028] Selon un mode de réalisation particulier, $N=3$ et la troisième dimension est une dimension spatiale autre que les première et deuxième dimensions spatiales de sorte que :

- la troisième image générée lors de ladite génération est une image 3D comprenant une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions et par au moins deux composantes de position dans ladite troisième dimension spatiale ; et
- la deuxième image acquise lors de ladite acquisition optique comprend une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris représentatif d'au moins une composante de position dans la troisième dimension spatiale d'un pixel correspondant de la troisième image, ladite génération comprenant l'application de la fonction de transfert inverse pour déterminer, à partir des niveaux de gris des pixels de la deuxième image, au moins une composante de position dans la troisième dimension spatiale de chaque pixel de la troisième image.

[0029] Selon un mode de réalisation particulier, $N=3$ et la troisième dimension est une dimension spectrale dans un espace spectral de sorte que :

- la troisième image générée lors de ladite génération est une image spectrale comprenant une pluralité de pixels caractérisés par leur position respective dans les première et deuxième dimensions et par au moins deux composantes d'intensité spectrale dans ladite troisième dimension spectrale ;
- la deuxième image acquise lors de ladite acquisition optique comprend une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris représentatif d'au moins une composante d'intensité spectrale d'un pixel correspondant de la troisième image, ladite génération comprenant l'application de la fonction de transfert pour déterminer, à partir des niveaux de gris des pixels de la deuxième image, au moins une composante d'intensité spectrale de chaque pixel de la troisième image.

[0030] Dans un mode particulier de réalisation, les différentes étapes du procédé de traitement de l'invention sont déterminées par des instructions de programmes d'ordinateurs.

[0031] En conséquence, l'invention vise aussi un programme d'ordinateur sur un support d'informations (ou des programmes d'ordinateur sur un même support d'informations ou des supports d'informations séparés), ce programme étant susceptible d'être mis en œuvre dans un dispositif électronique tel qu'un ordinateur, ce programme comportant des instructions adaptées à la mise en œuvre des étapes d'un procédé de traitement tel que défini dans ce document.

[0032] L'invention vise aussi un support d'enregistrement (ou support d'informations) lisible par un ordinateur, et comportant des instructions d'un programme d'ordinateur tel que mentionné ci-dessus.

[0033] A noter que les programmes mentionnés dans le présent exposé peuvent utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme de code source, code objet, ou de code intermédiaire entre code source et code objet, tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme souhaitable.

[0034] De plus, les supports d'enregistrement mentionnés ci-avant peuvent être n'importe quelle entité ou dispositif capable de stocker le programme. Par exemple, le support peut comporter un moyen de stockage, tel qu'une ROM, par exemple un CD ROM ou une ROM de circuit microélectronique, ou encore un moyen d'enregistrement magnétique, par exemple une disquette (floppy disc) ou un disque dur.

[0035] D'autre part, les supports d'enregistrement peuvent correspondre à un support transmissible tel qu'un signal électrique ou optique, qui peut être acheminé via un câble électrique ou optique, par radio ou par d'autres moyens. Le programme selon l'invention peut être en particulier téléchargé sur un réseau de type Internet.

[0036] Alternativement, les supports d'enregistrement peuvent correspondre à un circuit intégré dans lequel le pro-

gramme est incorporé, le circuit étant adapté pour exécuter ou pour être utilisé dans l'exécution du procédé en question.

[0037] L'invention vise également un premier système (dit système de sécurisation) configuré pour mettre en œuvre le procédé de sécurisation de l'invention tel que défini dans ce document, et un deuxième système (dit système de traitement) configuré pour mettre en œuvre le procédé de traitement de l'invention tel que défini dans ce document.

[0038] Plus précisément, l'invention vise un système sécurisation comprenant :

- un module de détermination configuré pour acquérir une première image caractérisée dans au moins N dimensions comprenant une première et une deuxième dimension spatiale et une troisième dimension, N étant un entier supérieur ou égal à 3, ladite troisième dimension définissant l'une parmi :

- o une dimension spatiale autre que les première et deuxième dimensions spatiales ;
- o une dimension colorimétrique dans un espace colorimétrique ; et
- o une dimension spectrale dans un espace spectrale ;

la première image comprenant une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions et par au moins deux composantes dans ladite troisième dimension;

- un module de compression configuré pour réaliser une compression de la première image en une deuxième image en niveaux de gris comprenant une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris représentatif d'au moins une composante dans ladite troisième dimension d'un pixel correspondant de la première image, ladite compression comprenant l'application d'une fonction de transfert pour déterminer, à partir des composantes dans ladite troisième dimension de chaque pixel de la première image, les niveaux de gris des pixels correspondants de la deuxième image ; et
- un module de formation configuré pour former la deuxième image en niveaux de gris sur un support.

[0039] L'invention vise également un système de traitement comprenant :

- un module acquisition optique configuré pour réaliser une acquisition optique d'une deuxième image en niveau de gris comprenant une pluralité de pixels formés sur un support, pour obtenir des données d'image définissant un niveau de gris de chaque pixel de ladite deuxième image ;
- un module de génération configuré pour générer, à partir desdites données d'image, une troisième image caractérisée dans au moins N dimensions comprenant une première et une deuxième dimension spatiale (DM1, DM2) et une troisième dimension (DM3), N étant un entier supérieur ou égal à 3, ladite troisième dimension définissant l'un parmi :

- o une dimension spatiale autre que les première et deuxième dimensions spatiales ;
- o une dimension colorimétrique dans un espace colorimétrique ; et
- o une dimension spectrale dans un espace spectrale ;

la troisième image comprenant une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions et par au moins deux composantes dans ladite troisième dimension, ladite génération comprenant l'application d'une fonction de transfert inverse pour déterminer, à partir des niveaux de gris respectifs de chaque pixel de la deuxième image, au moins une composante dans la troisième dimension des pixels correspondants de la troisième image ; et

- un module d'authentification configuré pour authentifier la troisième image par comparaison des pixels de la troisième image avec les pixels d'une première image de référence.

[0040] A noter que les différents modes de réalisation définis dans ce document en relation avec le procédé de sécurisation et le procédé de traitement de l'invention ainsi que les avantages associés s'appliquent de façon analogue au système de sécurisation et au système de traitement de l'invention.

[0041] Pour chaque étape du procédé de sécurisation et pour chaque étape du procédé de traitement, le système de sécurisation et le système de traitement de l'invention peuvent comprendre un module correspondant configuré pour réaliser ladite étape.

[0042] Selon un mode de réalisation, l'invention est mise en œuvre dans le système de sécurisation et dans le système de traitement au moyen de composants logiciels et/ou matériels. Dans cette optique, le terme « module » peut correspondre dans ce document aussi bien à un composant logiciel, qu'à un composant matériel ou à un ensemble de composants matériels et logiciels.

[0043] Un composant logiciel correspond à un ou plusieurs programmes d'ordinateur, un ou plusieurs sous-programmes d'un programme, ou de manière plus générale à tout élément d'un programme ou d'un logiciel apte à mettre en

œuvre une fonction ou un ensemble de fonctions, selon ce qui est décrit ci-dessous pour le module concerné. Un tel composant logiciel peut être exécuté par un processeur de données d'une entité physique (terminal, serveur, passerelle, routeur, etc.) et est susceptible d'accéder aux ressources matérielles de cette entité physique (mémoires, supports d'enregistrement, bus de communication, cartes électroniques d'entrées/sorties, interfaces utilisateur, etc.).

[0044] De la même manière, un composant matériel correspond à tout élément d'un ensemble matériel (ou hardware) apte à mettre en œuvre une fonction ou un ensemble de fonctions, selon ce qui est décrit ci-dessous pour le module concerné. Il peut s'agir d'un composant matériel programmable ou avec processeur intégré pour l'exécution de logiciel, par exemple un circuit intégré, une carte à puce, une carte à mémoire, une carte électronique pour l'exécution d'un micrologiciel (firmware), etc.

Breve description des dessins

[0045] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui en illustrent des exemples de réalisation dépourvus de tout caractère limitatif. Sur les figures:

[Fig. 1] La figure 1 représente schématiquement une première image source, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 2] La figure 2 représente schématiquement une première image source, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 3] La figure 3 représente schématiquement le principe d'un procédé de sécurisation et d'un procédé de traitement, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 4] La figure 4 représente, sous forme d'un diagramme, les étapes d'un procédé de sécurisation et d'un procédé de traitement, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 5] La figure 5 représente schématiquement un système de sécurisation, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 6] La figure 6 représente schématiquement des modules fonctionnels mis en œuvre par un système de sécurisation, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 7] La figure 7 représente, sous forme d'un diagramme, les étapes d'un procédé de sécurisation, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 8] La figure 8 représente schématiquement une première image source, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 9] La figure 9 représente schématiquement l'arrangement d'une première image source, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 10] La figure 10 représente schématiquement la génération par compression d'une deuxième image en niveaux de gris lors du procédé de sécurisation, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 11] La figure 11 représente schématiquement une fonction de transfert, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 12] La figure 12 représente schématiquement une deuxième image en niveaux de gris générée lors de la mise en œuvre d'un procédé de sécurisation, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 13] La figure 13 représente schématiquement la formation d'une deuxième image en niveaux de gris sur un support, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 14] La figure 14 représente schématiquement un système de traitement, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 15] La figure 15 représente schématiquement des modules fonctionnels mis en œuvre par un système de traitement, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 16] La figure 16 représente, sous forme d'un diagramme, les étapes d'un procédé de traitement, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 17] La figure 17 représente schématiquement la génération d'une troisième image lors de la mise en œuvre d'un procédé de traitement, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 18] La figure 18 représente schématiquement l'état intermédiaire d'une troisième image en cours de génération lors de la mise en œuvre d'un procédé de traitement, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 19] La figure 19 représente schématiquement une troisième image selon un composante dans la troisième dimension, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 20] La figure 20 représente schématiquement la réalisation d'une opération d'interpolation lors de la génération d'une troisième image lors du procédé de traitement, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 21] La figure 21 représente schématiquement une troisième image générée lors de la mise en œuvre d'un procédé de traitement, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 22] La figure 22 représente schématiquement un code barre encodé selon le principe de l'invention dans un mode de réalisation particulier ;

[Fig. 23] La figure 23 représente schématiquement l'application d'un procédé de sécurisation pour encoder un code barre, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

[Fig. 24] La figure 24 représente schématiquement la mise en œuvre d'un procédé de sécurisation et d'un procédé de traitement pour respectivement encoder et décoder une image de type SLI, selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

Description des modes de réalisation

[0046] L'invention se propose de former des images en niveaux de gris faisant office de dispositif de sécurité authentifiable de façon fiable et sécurisée, et difficile à falsifier ou à reproduire.

[0047] L'invention prévoit en particulier de compresser une première image numérique quelconque en une deuxième image numérique en niveaux de gris et de former cette deuxième image sur un support pour fabriquer un dispositif de sécurité authentifiable à partir des niveaux de gris de la deuxième image.

[0048] L'invention propose en outre un procédé correspondant pour lire la deuxième image formée physiquement sur un support afin d'authentifier le dispositif de sécurité en comparant cette deuxième image avec une image numérique de référence, à savoir la première image à partir de laquelle la deuxième image en niveaux de gris a été créée par compression.

[0049] En préliminaire, quelques rappels sont apportés ci-dessous sur la notion d'image. Une image est une représentation visuelle d'un motif ou d'un objet. Une image peut être de diverses natures comme expliqué ci-après. On considère dans ce document des images pixélisées, à savoir des images formées par une pluralité de pixels selon un arrangement quelconque, par exemple selon une matrice de pixels (d'autres arrangements étant toutefois possibles). Cet arrangement de pixels est disposé selon au moins deux dimensions (2D) spatiales. En outre, chaque pixel peut être caractérisé par au moins une autre troisième dimension qui peut être de diverses natures selon le type de l'image considérée. Cette troisième dimension peut être l'une parmi :

- une dimension spatiale supplémentaire, autre que les première et deuxième dimensions spatiales ;
- une dimension colorimétrique dans un espace colorimétrique ; et
- une dimension spectrale dans un espace spectrale.

[0050] Ainsi, une image au sens de l'invention peut être une image 2D dont les pixels sont disposés suivant deux dimensions spatiales ou une image 3D dont les pixels sont disposés suivant trois dimensions spatiales. Dans le cas

d'une image 3D, chaque pixel de l'image est donc caractérisé par trois dimensions spatiales.

[0051] De même, une image peut être définie en niveaux de gris ou en couleurs. Dans le cas d'une image 2D couleur, chaque pixel est donc caractérisé dans deux dimensions spatiales et dans une dimension colorimétrique dans un espace colorimétrique donné (par exemple : espace de couleur « RVB » appelé aussi « RGB » pour « Rouge-Vert-Bleu », ou « CMJN » aussi appelé « CMYK » pour « cyan-magenta-jaune-noir »). Chaque pixel est défini par sa position respective dans les 2 dimensions spatiales et par des composantes de couleur dans l'espace colorimétrique considéré, par exemple par 3 composantes de couleur dans l'espace colorimétrique RGB ou par 4 composantes de couleur dans l'espace colorimétrique CMYK.

[0052] Dans le cas d'une image 3D couleur, chaque pixel est donc caractérisé dans trois dimensions spatiales et dans une dimension colorimétrique dans un espace colorimétrique.

[0053] Ainsi, la **figure 1** représente l'exemple d'une image couleur 2 caractérisée dans $N=3$ dimensions notées DM1, DM2 et DM3. Les première et deuxième dimensions DM1, DM2 sont des dimensions spatiales selon des directions notées x et y, tandis que la troisième dimension DM3 est une dimension colorimétrique dans l'espace colorimétrique RGB.

[0054] L'image 2 est formée d'une pluralité de pixels 6 qui sont distribués selon les directions x et y. Chaque pixel 6 présente une couleur définie par 3 composantes de couleur dans l'espace RGB. Autrement dit, les pixels 6 de l'image couleur 2 sont définis dans cet exemple par leur position respective dans les première et deuxième dimensions DM1, DM2, et par 3 composantes de couleur Rouge/Vert/bleu dans la troisième dimension colorimétrique DM3.

[0055] Comme représenté en **figure 1**, l'arrangement de pixel 6 de l'image 2 peut donc se décomposer en trois plans 4a, 4b et 4c de pixels dans l'espace colorimétrique RGB. Ces plans 4a, 4b et 4c définissent chacun une composante de couleur respective 6a, 6b et 6c des pixels dans l'espace colorimétrique RGB.

[0056] De manière générale, le nombre de composantes caractérisant chaque pixel 6 dans la troisième dimension colorimétrique DM3 peut varier et dépend de l'espace colorimétrique considéré. Ainsi, les pixels d'une image peuvent se caractériser par exemple par 4 composantes de couleur dans une dimension colorimétrique CMYK. On considère par la suite qu'une image au sens de l'invention se caractérise en particulier par au moins deux composantes dans la troisième dimension DM3, qu'il s'agisse d'une dimension colorimétrique ou d'un autre type comme décrit ci-après.

[0057] La **figure 2** représente un autre exemple d'une image 3D, notée 8, caractérisée dans 3 dimensions spatiales notées DM1, DM2 et DM3 ($N=3$). Les dimensions spatiales DM1, DM2 et DM3 définissent ici un espace en 3 dimensions selon respectivement des directions x, y et z. L'image 3D 8 est ainsi formée d'une pluralité de pixels 6 qui sont distribués selon les directions x, y et z. Autrement dit, les pixels 6 de l'image 8 sont définis dans cet exemple par leur position respective dans les trois dimensions spatiales DM1 (suivant x), DM2 (suivant y) et DM3 (suivant z). On considère ici que l'image 8 comprend au moins deux plans distincts de pixels 6 selon la direction z, ce qui signifie que les pixels 6 de l'image 3D 8 se caractérisent par au moins deux composantes dans la dimension spatiale DM3 (suivant z).

[0058] Dans le cas d'une image 3D en niveaux de gris, chaque pixel 6 présente en outre un niveau de gris particulier. Dans le cas d'une image 3D couleur, chaque pixel présente en outre une couleur dans une quatrième dimension colorimétrique dans un espace colorimétrique donné, cette couleur se caractérisant par des composantes de couleur (au moins 2) dans un espace colorimétrique donné (par exemple 3 composantes de couleur dans l'espace RGB, 4 composantes de couleur dans l'espace CMYK, etc.).

[0059] Une image au sens de l'invention peut également être une image dite « SLI » pour « Stereo Laser Image », qui comprend une pluralité d'images, typiquement des images d'un même objet ou motif selon des angles distincts. Autrement dit, une image SLI en niveaux de gris est aussi caractérisée dans 3 dimensions spatiales, à savoir des première et deuxième dimensions DM1, DM2 selon des directions x et y, et une troisième dimension angulaire DM3.

[0060] Une image au sens de l'invention peut également être une image 2D spectrale, à savoir une image caractérisée dans une première et une deuxième dimension spatiale (suivant des directions x et y par exemple) et dans une troisième dimension spectrale dans un espace spectral (« IR » pour l'infrarouge, « UV » pour l'ultraviolet, domaine de la lumière visible, etc.). Chaque pixel d'une image 2D spectrale est alors défini par sa position respective dans les première et deuxième dimensions spectrales et par au moins deux composantes d'intensité spectrale dans un espace spectral donné.

[0061] De la même manière, une image au sens de l'invention peut être une image 3D spectrale, caractérisée dans 3 dimensions spatiales et dans une dimension spectrale dans un espace spectral.

[0062] L'invention s'applique aussi aux images qui ont 4 dimensions ou plus, c'est-à-dire au moins au moins 2 dimensions spatiales et au moins deux autres dimensions parmi les types précités.

[0063] Au vu de ce qui précède, l'invention s'applique donc à divers types d'images d'au moins 3 dimensions, dont des images 2D couleur, des images 3D en niveaux de gris, des images 3D en couleur, des images 2D ou 2D spectrales, des images SLI en niveaux de gris ou en couleurs, etc.

[0064] L'invention, selon ses différents modes de réalisation, met ainsi en œuvre un premier procédé, dit procédé de sécurisation, comprenant : l'acquisition d'une première image de N dimensions comme définie ci-avant (N étant un entier supérieur ou égal à 3), cette première image comprenant une pluralité de pixels définis par leur position respective dans des première et deuxième dimensions et par au moins deux composantes dans une troisième dimension spatiale, colorimétrique ou spectrale; une compression de la première image en une deuxième image en niveaux de gris com-

prenant une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris représentatif d'une ou de multiples composantes dans la troisième dimension d'un pixel correspondant de la première image ; et la formation de la deuxième image en niveaux de gris sur un support. Cette deuxième image forme un, ou fait partie d'un, dispositif de sécurité au sens de l'invention.

[0065] L'invention vise également un deuxième procédé, dit procédé de traitement pour lire une deuxième image en niveaux de gris conforme à l'invention. L'invention prévoit notamment, selon différents modes de réalisation, un procédé de traitement comprenant : l'acquisition optique d'une deuxième image en niveau de gris comprenant une pluralité de pixels formés sur un support, pour obtenir des données d'image définissant un niveau de gris de chaque pixel de la deuxième image ; et la génération, à partir des données d'image, d'une troisième image caractérisée dans au moins N dimensions (N étant un entier supérieur ou égal à 3) comprenant une première et une deuxième dimension spatiale et une troisième dimension parmi les types précités, la troisième image comprenant une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions et par au moins deux composantes dans la troisième dimension. La troisième image peut en outre être authentifiée par comparaison des pixels de la troisième image avec les pixels d'une première image de référence, c'est-à-dire l'image source à partir de laquelle a été formée la deuxième image conformément au procédé de sécurisation de l'invention.

[0066] L'invention vise également des programmes d'ordinateur correspondants ainsi que des systèmes pour mettre en œuvre les procédés de l'invention, à savoir un premier système (dit système de sécurisation) pour mettre en œuvre le procédé de sécurisation de l'invention et un deuxième système (système de traitement) pour mettre en œuvre le procédé de traitement de l'invention.

[0067] D'autres aspects et avantages de la présente invention ressortiront des exemples de réalisation décrits ci-dessous en référence aux dessins mentionnés ci-avant.

[0068] Sauf indications contraires, les éléments communs ou analogues à plusieurs figures portent les mêmes signes de référence et présentent des caractéristiques identiques ou analogues, de sorte que ces éléments communs ne sont généralement pas à nouveau décrits par souci de simplicité.

[0069] Les **figures 3 et 4** représentent schématiquement le concept de l'invention, selon un mode de réalisation particulier. Un système de sécurisation (ou système d'encodage) SY1 est configuré pour mettre en œuvre un procédé de sécurisation comprenant les étapes S2-S6 (**figure 4**). Plus particulièrement, le système de sécurisation SY1 fait l'acquisition ou détermine (S2) une première image IMG1 (dite aussi image source) caractérisée dans au moins N dimensions comprenant une première et une deuxième dimension spatiale DM1, DM2 et une troisième dimension DM3, N étant un entier supérieur ou égal à 3.

[0070] Les dimensions spatiales DM1 et DM2 définissent un espace spatial selon respectivement des directions x et y. La troisième dimension DM3 définit l'une parmi :

- une dimension spatiale autre que les première et deuxième dimensions spatiales DM1, DM2 ;
- une dimension colorimétrique dans un espace colorimétrique (RGB, CYMK) ; et
- une dimension spectrale dans un espace spectrale.

[0071] La première image IMG1 peut être notamment une couleur 2D couleur, une image 3D en niveau de gris ou en couleur, une image spectrale en 2D ou 3D, etc. comme déjà décrit ci-avant.

[0072] La première image source IMG1 acquise en S2 comprend une pluralité de pixels PX définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions spatiales DM1, DM2 et par au moins deux composantes dans la troisième dimension DM3.

[0073] Au cours d'une étape S4 de compression, le système de sécurisation SY1 réalise une compression numérique de la première image IMG1 en une deuxième image IMG2 en niveaux de gris (en 2D), cette deuxième image IMG2 comprenant une pluralité de pixels PL présentant chacun un niveau de gris NG représentatif d'au moins une composante dans la troisième dimension DM3 d'un pixel PX correspondant de la première image IMG1. Dans ce document, on entend par compression (ou compression numérique), une compression de données, à savoir des données d'image dans le cas d'espèce. Cette compression permet de compresser des données d'image de sorte à obtenir, à partir de données d'image d'une image source, des données d'image compressées représentatives d'une image compressée.

[0074] Pour ce faire, la compression S4 comprend l'application d'une fonction de transfert F1 pour déterminer, à partir des composantes dans la troisième dimension DM3 de chaque pixel PX de la première image IMG1, les niveaux de gris NG des pixels PL correspondants de la deuxième image IMG2. Comme décrit par la suite, cette compression de données implique une perte partielle d'information de la première image IMG1, dans la mesure où, pour chaque pixel PX de la première image IMG1, au moins une composante (une unique composante ou éventuellement au moins deux composantes) dans la troisième dimension DM3 est perdue lors de la compression, ce qui signifie qu'elle n'est pas codée dans le niveau de gris du pixel PL correspondant de la deuxième image IMG2.

[0075] Le système de sécurisation SY2 procède en outre à la formation S6 de la deuxième image IMG2 en niveaux de gris sur un support quelconque DC1, tel que sur un document de type carte ou autre (**figure 3**). Cette formation peut être réalisée de diverses manières comme décrit ultérieurement.

[0076] Cette image IMG2 en niveaux de gris forme ainsi sur le support DC1 un dispositif de sécurité qui encode, ou représente, sous forme compressée la première image IMG1. Cette deuxième image IMG2 peut ensuite être lue et décompressée à partir de l'inverse de la fonction de transfert F1, puis comparée à l'image d'origine IMG1 pour authentification.

[0077] Plus précisément, un système de traitement (ou système de lecture) SY2 est configuré pour mettre en œuvre un procédé de traitement comprenant les étapes S10-S14 (**figure 4**). Le système de traitement SY2 fait ainsi l'acquisition optique (S10) de la deuxième image IMG2 en niveau de gris comprenant une pluralité de pixels PL formés sur le support DC1, pour obtenir des données d'image DT3 définissant un niveau de gris NG de chaque pixel PL de la deuxième image IMG2.

[0078] Le système de traitement SY2 génère (S12) ensuite, à partir des données d'image DT3, une troisième image IMG3 caractérisée dans au moins N dimensions comprenant la première et la deuxième dimension spatiale DM1, DM2 et la troisième dimension DM3 comme déjà décrit ci-avant. La troisième image IMG3 comprend une pluralité de pixels PI définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions spatiales DM1, DM2 et par au moins deux composantes dans la troisième dimension DM3. La troisième dimension DM3 de la troisième image IMG3 est la même que celle caractérisant la première image source IMG1 à partir de laquelle le système de sécurisation SY1 a généré la deuxième image IMG2.

[0079] Pour ce faire, la génération S12 de la troisième image IMG3 comprend l'application d'une fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ (c'est-à-dire l'inverse de la fonction de transfert F1) pour déterminer, à partir des niveaux de gris NG respectifs de chaque pixel PL de la deuxième image IMG2, au moins une composante dans la troisième dimension DM3 des pixels PI correspondants de la troisième image IMG3. Cette génération S12 revient à décompresser la deuxième image en niveaux de gris IMG2 en une troisième image IMG3 qui se caractérise dans les mêmes dimensions DM1, DM2 et DM3 que la première image source IMG1 à partir de laquelle a été générée la deuxième image en niveaux de gris IMG2 lors du procédé de sécurisation.

[0080] Dans ce document, on entend par décompression (ou décompression numérique), une décompression de données, à savoir des données d'image dans le cas d'espèce. Cette décompression permet de décompresser des données d'image de sorte à obtenir, à partir de données d'image d'une image source, des données d'image décompressées représentatives d'une image décompressée.

[0081] Comme indiqué précédemment, la compression définie par la fonction de transfert F1 s'accompagne d'une perte partielle d'information. Ainsi, de manière analogue, la décompression par application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ ne permet généralement de ne récupérer qu'une partie de l'information contenue initialement dans la première image IMG1 (sauf cas particuliers). Pour chaque pixel PL de la deuxième image IMG2, au moins une composante dans la troisième dimension DM3 d'un pixel PI correspondant dans la troisième image IMG3 n'est pas définie par le niveau de gris NG dudit pixel PL de la deuxième image IMG2. Autrement dit, le niveau de gris NG de chaque pixel PL de la deuxième image IMG2 n'encode qu'une partie des composantes dans la troisième dimension DM3 du pixel PI correspondant dans la troisième image IMG3 (au moins une composante dans DM3 n'est pas codée dans les niveaux de gris NG de la deuxième image IMG2). Comme décrit par la suite, la ou les composantes manquantes dans la troisième dimension DM3 pour chaque pixel PI de la troisième image IMG3 peuvent être obtenues par interpolation à partir des pixels PI voisins, afin de compléter les composantes des pixels PI dans la troisième dimension DM3 et ainsi obtenir une image IMG3 complète.

[0082] Le système de traitement SY2 peut ensuite authentifier (S14) la troisième image IMG3 en comparant les pixels PI de la troisième image IMG3 avec les pixels PX de la première image IMG1 qui sert d'image de référence.

[0083] Comme décrit ci-avant, divers types d'image source IMG1 sont possible dans le cadre de l'invention. L'invention s'applique notamment à des cas particuliers dans lesquels la première image IMG1 est l'une parmi :

- une image 2D en niveaux de gris ;
- une image 2D couleur ;
- une image 3D (en niveaux de gris ou en couleur) ;
- une image spectrale (en 2D ou 3D) ; et
- une image SLI (en niveaux de gris ou en couleurs).

[0084] Le concept de l'invention est à présent décrit ci-dessous dans des modes de réalisation particuliers.

Premier exemple de réalisation

[0085] Les **figures 5 et 6** représentent schématiquement le système de sécurisation (ou système d'encodage) SY1 selon un mode de réalisation particulier. Plus précisément, on considère ici que le système SY1 comprend un premier

[0086] dispositif électronique DV1 et un dispositif de formation LS1.

[0087] Le système de sécurisation SY1 est configuré pour mettre en œuvre un procédé de sécurisation (ou procédé d'encodage), tel que décrit par exemple en référence aux **figures 3-4**.

[0087] Le dispositif DV1 comprend un processeur 10, une mémoire volatile réinscriptible (de type RAM) 12 et une mémoire non volatile réinscriptible MR1. La mémoire MR1 constitue ici un support d'enregistrement (ou support d'informations) conforme à un mode de réalisation particulier, lisible par le dispositif DV1, et sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur PG1 conforme à un mode de réalisation particulier. Ce programme d'ordinateur PG1 comporte des instructions pour l'exécution d'une partie au moins des étapes d'un procédé de sécurisation selon un mode de réalisation particulier.

[0088] La mémoire MR1 est également utilisée pour enregistrer des données d'image DT1 définissant une première image IMG1, des données d'image DT2 définissant une deuxième image IMG2 en niveaux de gris, ainsi qu'une fonction de transfert F1 qui forme un masque de données MK1. La nature et l'usage de ces éléments seront décrits plus en détail ultérieurement.

[0089] Le dispositif DV1 est en outre apte à coopérer avec le dispositif de formation LS1, ce dernier étant configuré pour former, à partir des données DT2 transmises par le dispositif DV1, une deuxième image IMG2 sur un support comme décrit par la suite. Dans cet exemple, le dispositif de formation LS1 comprend également un processeur 15 et un programme d'ordinateur PG2 stocké dans une mémoire non volatile, bien que d'autres exemples n'ayant pas recours à un tel programme PG2 soient possibles. Les programmes d'ordinateur PG1 et PG2 forment collectivement un programme d'ordinateur pour mettre en œuvre le procédé de sécurisation selon un mode de réalisation particulier de l'invention.

[0090] Au lieu d'envoyer les données d'image DT2, le premier dispositif DV1 peut envoyer des instructions pour contrôler le dispositif de formation LS1 de sorte à ce qu'il forme la deuxième image IMG2 sur un support.

[0091] Selon un exemple particulier, le dispositif de formation LS1 est inclus dans, ou fait partie du dispositif DV1.

[0092] Diverses techniques de formation d'image peuvent être mises en œuvre par le dispositif de formation LS1. On considère ici que le dispositif de formation LS1 est configuré pour projeter un rayonnement laser LS1 sur le support DC1 pour former chaque pixel PL de la deuxième image IMG2, en délivrant une énergie qui est fonction du niveau de gris désiré dudit pixel PL.

[0093] En variante, la deuxième image IMG2 peut être formée sur le support DC1 par l'une au moins des techniques de formation suivantes :

- formation par gravure laser ;
- formation par impression sur le support ; et
- formation par micro-perforations du support.

[0094] L'image IMG2 peut en particulier être formée par impression, selon une quelconque technique appropriée (jets d'encre, offset, transfert thermique, etc.).

[0095] Comme représenté en **figure 6** selon un mode de réalisation particulier, les processeurs 2 et 15 pilotés respectivement par les programmes d'ordinateur PG1 et PG2 mettent ici en œuvre un certain nombre de modules, à savoir : un module de détermination MD2, un module de génération MD4 et un module de formation MD6.

[0096] Plus précisément, le module de détermination MD2 est configuré pour faire l'acquisition de la première image IMG1 sous la forme de données d'image DT1.

[0097] Le module de génération MD4 est configuré pour générer une deuxième image IMG2 en niveaux de gris par compression de la première image IMG1.

[0098] Le module de formation MD6 est configuré pour former la deuxième image IMG2 sur un support DC1.

[0099] La configuration et le fonctionnement des modules MD2-MD6 du système de sécurisation SY1 apparaîtront plus précisément dans les exemples de réalisation décrits ci-après. Il importe de noter que les modules MD2-MD6 tels que représentés en **figure 6** ne représentent qu'un exemple de mise en œuvre non limitatif de l'invention. De manière générale, pour chaque étape du procédé de sécurisation de l'invention, le système de sécurisation SY1 de l'invention peut comprendre un module correspondant configuré pour réaliser ladite étape.

[0100] Un mode de réalisation particulier est à présent décrit en référence aux **figures 7-13**. Plus précisément, un procédé de sécurisation est mis en œuvre par le système de sécurisation représenté en **figures 5-6** en exécutant les programmes d'ordinateur PG1 et PG2.

[0101] On suppose que le système de sécurisation SY1 fait l'acquisition (S22) d'une première image couleur 2D, notée IMG1, sous la forme de données d'image DT1. Comme représenté en **figure 8**, l'image couleur IMG1 se caractérise dans 3 dimensions (N=3), à savoir une première dimension spatiale DM1 (selon la direction x), une deuxième dimension spatiale DM2 (selon la direction y) et une troisième dimension colorimétrique DM3 dans un espace colorimétrique donné.

[0102] De façon générale, la première image IMG1 comprend ainsi une pluralité de pixels PX définis par leur position respective dans les dimensions spatiales DM1 et DM2 et par P composantes de couleur dans la troisième dimension DM3, P étant un entier naturel supérieur ou égal à 2. On considère dans cet exemple que la troisième dimension DM3 est définie dans l'espace colorimétrique CYMK, de sorte que P=4. Chaque pixel PX de la première image IMG1 se caractérise ainsi par une couleur CL définie par 4 composantes de couleur CP1, CP2, CP3 et CP4 dans la troisième dimension colorimétrique DM3. Dans cet exemple, les composantes CP1, CP2, CP3 et CP4 correspondent aux intensités de couleur dans respectivement les couleurs fondamentales cyan/jaune/magenta/noir de l'espace CYMK.

[0103] A titre d'exemple, le pixel PX1 de l'image couleur IMG1 présente une position particulière selon les directions x et y, ainsi qu'une couleur CL1 définie par des composantes CP1, CP2, CP3 et CP4 dans l'espace CYMK.

[0104] Des exemples d'implémentation dans d'autres espaces colorimétriques sont toutefois possibles. D'autres exemples sont notamment possibles dans lesquels P=3 (dans l'espace RGB par exemple), ou P=2 ou toutes autres valeurs appropriées supérieures ou égales à 2, selon l'espace colorimétrique considéré.

[0105] A noter que le système de sécurisation SY1 peut acquérir les données d'image DT1 selon une quelconque manière appropriée. Le système SY1 peut ainsi déterminer l'image IMG1 en consultant sa mémoire non volatile MR1 dans laquelle est stockée l'image IMG1, ou encore recevoir l'image IMG1 depuis l'extérieur.

[0106] Le système de sécurisation SY1 réalise (S24, **figure 7**) ensuite une compression de la première image IMG1 en une deuxième image IMG2 en niveaux de gris. Autrement dit, les données d'image DT1 font l'objet d'une compression de sorte à obtenir des données d'image DT2 compressées qui définissent l'image IMG2 en niveaux de gris.

[0107] Comme représentée en **figure 10**, cette deuxième image IMG2 comprend une pluralité de pixels PL présentant chacun un niveau de gris NG représentatif d'une unique composante de couleur (parmi CP1-CP4) dans la troisième dimension DM3 d'un pixel PX correspondant de la première image couleur IMG1. Autrement dit, les niveaux de gris NG de la deuxième image IMG2 générée en S24 encodent de façon compressée la couleur CL des pixels PX de la première image IMG1. Il s'agit ici d'une compression avec perte d'informations dans la mesure où une seule composante parmi CP1-CP4 est retenue pour chaque pixel PX de la première image IMG1 de sorte à être encodée par un niveau de gris NG représentatif dans le pixel PL se trouvant à une position correspondante dans la deuxième image IMG2.

[0108] A titre purement illustratif, on considère que la première image IMG1 comprend les pixels PX notés respectivement PX1 à PX16, comme représenté en **figure 9**. Le pixel PX1 de l'image IMG1 présente par exemple une couleur CL définie par les composantes de couleur suivantes: CP1=41 (cyan) ; CP2=166 (jaune) ; CP3=146 (magenta) et CP4=118 (noir). Ainsi, une unique composante de couleur parmi CP1-CP4 du pixel PX1 dans l'espace CYMK est représentée par le niveau de gris NG d'un pixel PL1 se situant à une position correspondante à PX1 dans la matrice de pixels PL de la deuxième image IMG2. Il en va de même pour les autres pixels PX de la première image IMG1.

[0109] Comme représenté en **figure 10**, le système de sécurisation SY1 applique, lors de l'étape S24 de compression, une fonction de transfert F1 pour déterminer, à partir des composantes CP1-CP4 dans la troisième dimension colorimétrique DM3 de chaque pixel PX de la première image IMG1, les niveaux de gris NG des pixels PL correspondants de la deuxième image IMG2. Dans l'exemple considéré ici, l'application de la fonction de transfert F1 cause ainsi la sélection, pour chaque pixel PX de la première image IMG1, d'une unique composante de couleur (parmi CP1-CP4) et la transformation de cette unique composante dans un niveau de gris NG d'un pixel PL correspondant de la deuxième image IMG2. Comme déjà indiqué, cette compression implique une perte d'informations dans la mesure où parmi les 4 composantes de couleur CP1-CP4 de chaque pixel PX de la première image IMG1, seule une composante se retrouve codée dans le niveau de gris NG du pixel PL correspondant dans la deuxième image IMG2. Cela signifie, que les composantes de couleur non sélectionnées par la fonction de transfert F1 pour chaque pixel PX de la première image IMG1 sont perdues lors de la compression.

[0110] Plus généralement, la fonction de transfert F1 définit pour chaque pixel PX de la première image IMG1 une compression des P composantes de couleur dans la troisième dimension DM3 en une unique composante de couleur parmi les P composantes de couleur, qui est codée par le niveau de gris NG du pixel PL correspondant dans la deuxième image (où P = 4 dans cet exemple). La sélection de l'unique composante de couleur par la fonction de transfert F1 peut être aléatoire, ce qui permet de renforcer le niveau de sécurité comme cela apparaîtra ci-après, bien que d'autres exemples d'implémentation soient possibles.

[0111] La fonction de transfert F1 définit ainsi une correspondance entre la composante de couleur sélectionnée pour chaque pixel PX de la première image IMG1 et le niveau de gris NG correspondant dans le pixel associé PL de la deuxième image IMG2. La fonction F1 définit par exemple un calcul pour convertir une composante de couleur comprise dans une première plage de valeur, en un niveau de gris NG compris dans une deuxième plage de valeur. Par exemple, 1000 différents niveaux d'une composante de couleur peuvent être compressés par la fonction de transfert F1 en des niveaux de gris NG correspondants codés sur une plage de 256 niveaux de gris différents (codés de 0 à 255).

[0112] Comme représenté en **figures 10-11**, la fonction F1 peut se présenter par exemple sous la forme d'un masque de données (ou matrice de données) MK1 qui comprend pour chaque pixel PX de la première image IMG1 une valeur V respective qui définit la transformation d'une unique composante parmi CP1-CP4 en un niveau de gris NG représentatif. La fonction de transfert F1 peut toutefois se présenter sous d'autres formes.

[0113] A titre d'exemple, les **figures 11 et 12** illustrent la compression de la première image IMG1 représentée en **figure 9** par application de la fonction de transfert F1. Plus précisément, on suppose que la fonction de transfert F1 définit le masque MK1 représenté en **figure 11**. La fonction de transfert F1 comprend des valeurs V1-V16 (notées collectivement V), chacune d'elles définissant laquelle parmi les composantes de couleur CP1-CP4 d'un pixel PX correspondant de l'image IMG1 est convertie en un niveau de gris NG d'un pixel PL associé de la deuxième image IMG2. On suppose par exemple que les valeurs V sont des nombres entiers compris entre 0 et 4 de sorte que les valeurs 0, 1, 2 et 3 causent respectivement la sélection des composantes de couleur CP1, CP2, CP3 et CP4. A titre d'exemple, le pixel PL1 de la deuxième image IMG2 présente ainsi un niveau de gris NG qui est représentatif de la composante CP1 du pixel correspondant PX1 de la première image IMG1 (cf. **figure 9**). Selon un exemple particulier, la fonction de transfert F1 définit par exemple pour le pixel PL1 un niveau de gris NG tel que :

$$[\text{Math. 1}] \quad NG = \alpha_1 \cdot CP1$$

où α_1 est un coefficient réel positif qui définit la conversion de la composante CP1 dans un niveau gris NG correspondant. Dans un exemple particulier, le coefficient α_1 est tel que $\alpha_1 = 1$ (fonction identité) de sorte que le pixel PL1 présente un niveau de gris de 41, représentatif du niveau de la composante de couleur CP1 (qui est aussi de valeur 41) du pixel PX1, comme représenté en **figure 12**. Le même principe s'applique à tous les pixels PL de la deuxième image IMG2.

[0114] Ainsi, de la même manière, le pixel PL2 de la deuxième image IMG2 présente par exemple un niveau de gris NG représentatif de la composante CP2 du pixel correspondant PX2 de la première image IMG1, de sorte que :

$$[\text{Math. 2}] \quad NG = \alpha_2 \cdot CP2$$

où α_2 est un coefficient réel positif qui définit la conversion de la composante CP2 dans un niveau gris NG correspondant. Dans un exemple particulier, le coefficient α_2 est tel que $\alpha_2 = 1$ (fonction identité) de sorte que le pixel PL2 présente un niveau de gris NG de 169, représentatif du niveau de la composante de couleur CP2 (qui est aussi de valeur 41) du pixel PX2, comme représenté en **figure 12**.

[0115] Selon un exemple particulier, lors de l'étape S24 de génération (**figure 7**), le système de sécurisation SY1 (à savoir le dispositif de sécurisation DV1 dans cet exemple) insère en outre dans la deuxième image IMG2 en niveaux de gris une ou des marques de positionnement (des repères) dans et/ou autour de la deuxième image IMG2. Comme expliqué par la suite, ces marques de positionnement peuvent être utilisées par la suite pour lire la deuxième image IMG2 lors du procédé de traitement.

[0116] Comme représenté en **figure 13**, une fois la deuxième image IMG2 générée en S24 (**figure 7**), le système de sécurisation SY1 forme la deuxième image IMG2 en niveaux de gris sur un support DC1. La deuxième image IMG2 forme ainsi sur le support DC1 un dispositif de sécurité qui est authentifiable en comparant la première image IMG1 (à partir de laquelle a été obtenue la deuxième image IMG2) avec une troisième image IMG3 qui, comme décrit par la suite, est obtenue en appliquant l'inverse de la fonction de transfert F1 à la deuxième image IMG2 présente sur le support DC1 (cf. **figure 3**).

[0117] La deuxième image IMG2 est ainsi authentifiable de façon fiable et sécurisée avec des moyens adéquats. En outre, la deuxième image IMG2 est difficile à falsifier ou à reproduire, ce qui permet de sécuriser le support DC1.

[0118] Dans l'exemple considéré ici, le support est une carte bien que d'autres supports soient possibles.

[0119] La deuxième image IMG2 est par exemple réalisée par gravure laser sur le support DC1, d'autres techniques de formation étant toutefois possibles comme déjà indiqué (impression, microperforations, etc.).

[0120] Plus précisément, on considère dans cet exemple que le dispositif de formation LS1 utilisé pour former (S26) la deuxième image IMG2 projette un rayonnement laser RY1 sur le support DC1 de sorte à former chaque pixel PL de la deuxième image IMG2 en délivrant une énergie qui est fonction du niveau de gris NG dudit pixel PL.

[0121] Comme déjà indiqué, l'invention vise par ailleurs un procédé de traitement (ou procédé de lecture) permettant de lire et d'authentifier la deuxième image IMG2 présente sur le support DC1.

[0122] Les **figures 14 et 15** représentent schématiquement le système de traitement (ou système de lecture) SY2 selon un mode de réalisation particulier. Plus précisément, on considère ici que le système SY2 comprend un dispositif d'acquisition optique CR1 et un dispositif de traitement DV2.

[0123] Le système de traitement SY2 est configuré pour mettre en œuvre un procédé de traitement (ou procédé de lecture), tel que décrit par exemple en référence aux **figures 3-4**.

[0124] Le dispositif d'acquisition optique CR1 est configuré apte à réaliser l'acquisition optique d'images, telles que l'image IMG2 se trouvant sur le support DC1 comme représenté en **figure 13**. Le dispositif CR1 est par exemple un appareil de prise de vue (caméra, capteur ou autre) capable de faire une capture optique de la deuxième image IMG2 formée sur le support DC1. Des données d'image DT3 représentatives de la deuxième image IMG2 capturée optiquement

sont ainsi générées par le dispositif d'acquisition optique CR1 puis transmises au dispositif de traitement DV2.

[0125] Le dispositif de traitement DV2 comprend un processeur 20, une mémoire volatile réinscriptible (de type RAM) 22 et une mémoire non volatile réinscriptible MR2. La mémoire MR2 constitue ici un support d'enregistrement (ou support d'informations) conforme à un mode de réalisation particulier, lisible par le dispositif DV2, et sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur PG3 conforme à un mode de réalisation particulier. Ce programme d'ordinateur PG3 comporte des instructions pour l'exécution d'une partie au moins des étapes d'un procédé de traitement selon un mode de réalisation particulier.

[0126] La mémoire MR2 est également utilisée pour enregistrer les données d'image DT3 transmises par le dispositif d'acquisition optique CR1, des données d'image DT4 générées par le dispositif de traitement DV2 à partir des données d'image DT3, ainsi qu'une fonction de transfert inverse F^{-1} qui est l'inverse de la fonction de transfert F1 mentionnée précédemment. La nature et l'usage de ces éléments seront décrits plus en détail ultérieurement.

[0127] Selon un exemple particulier, le dispositif d'acquisition optique CR1 est inclus dans, ou fait partie du dispositif de traitement DV2.

[0128] Comme représenté en **figure 14** selon un mode de réalisation particulier, le processeur 20 piloté respectivement par le programme d'ordinateur PG3 met ici en œuvre un certain nombre de modules, à savoir : un module d'acquisition MD10, un module de génération MD12 et, éventuellement, un module d'authentification MD14.

[0129] Plus précisément, le module d'acquisition MD10 est configuré pour réaliser une acquisition optique d'une deuxième image en niveau de gris IMG2 comprenant une pluralité de pixels PL formés sur un support DC1, pour obtenir des données d'image DT3 définissant un niveau de gris de chaque pixel de la deuxième image IMG2.

[0130] Le module de génération MD12 est configuré pour générer, à partir des données d'image DT3 obtenus par le module d'acquisition optique MD10, une troisième image IMG3 caractérisée dans au moins N dimensions comprenant une première et une deuxième dimension spatiale DM1, DM2 et une troisième dimension DM3, N étant un entier supérieur ou égal à 3. Cette troisième dimension DM3 correspond à celle de la première image IMG1 dont est issue la deuxième image IMG2. Dans l'exemple considéré ici, la troisième dimension DM3 est donc une dimension colorimétrique dans l'espace colorimétrique CYMB.

[0131] De façon générale, la troisième dimension DM3 de la troisième image IMG3 peut varier selon le cas et dépend de la nature de la première image IMG1 à partir de laquelle a été générée (étape S24, **figure 7**) la deuxième image IMG2 formée sur le support DC1. Comme déjà indiqué, la troisième dimension DM3 de la première image IMG1, et donc aussi de la troisième image IMG3, définit l'un parmi :

- une dimension spatiale autre que les première et deuxième dimensions spatiales DM1, DM2 ;
- une dimension colorimétrique dans un espace colorimétrique ; et
- une dimension spectrale dans un espace spectrale.

[0132] La troisième image comprend une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions DM1, DM2 et par au moins deux composantes dans la troisième dimension DM3.

[0133] Le module d'authentification MD14 est configuré pour réaliser une authentification de la troisième image IMG3 générée par le module de génération MD12, en comparant les pixels de la troisième image IMG3 avec les pixels d'une première image de référence, à savoir l'image source IMG1 à partir de laquelle a été générée (étape S24, **figure 7**) la deuxième image IMG2 se trouvant sur le support DC1.

[0134] La configuration et le fonctionnement des modules MD10-MD14 du système de sécurisation SY2 apparaîtront plus précisément dans les exemples de réalisation décrits ci-après. Il importe de noter que les modules MD10-MD14 tels que représentés en **figure 15** ne représentent qu'un exemple de mise en œuvre non limitatif de l'invention. De manière générale, pour chaque étape du procédé de traitement de l'invention, le système de traitement SY2 de l'invention peut comprendre un module correspondant configuré pour réaliser ladite étape.

[0135] Un mode de réalisation particulier est à présent décrit en référence aux **figures 13** et **17-21**. Plus précisément, un procédé de traitement est mis en œuvre par le système de traitement représenté en **figures 14-15** en exécutant le programme d'ordinateur PG3.

[0136] On suppose que le dispositif d'acquisition optique CR1 fait l'acquisition optique (S30, **figure 16**) de la deuxième image en niveau de gris IMG2 qui comprend une pluralité de pixels PL formés sur le support DC1, pour obtenir des données d'image DT3 définissant un niveau de gris NG de chaque pixel PL de la deuxième image IMG2. Pour ce faire, un utilisateur réalise par exemple, à l'aide d'une caméra, une photo ou un « scan » de l'image physique IMG2 située

sur le support DC1. Selon un exemple particulier, le système de traitement SY2 (ou du moins le dispositif CR1) est compris dans un téléphone portable de type « smartphone » (ou tous autres dispositifs équivalents) qui est doté d'une caméra pour faire une capture d'image du support DC1.

[0137] Le dispositif CR1 génère des données d'image DT3 représentatives de la deuxième image IMG2 présente sur le support DC1, et transmet ces données DT3 au dispositif de traitement DV2. Dans cet exemple, les données d'image DT3 ainsi reçues sont stockées dans la mémoire non volatile MR2 du dispositif de traitement DV2.

[0138] Comme indiqué précédemment, la deuxième image IMG2 dont l'acquisition optique a été faite sur le support DC1 peut comprendre une ou des marques de positionnement (des repères) dans et/ou autour de ladite deuxième image IMG2, bien que des implémentations sans de telles marques soient également possibles. Ces marques de positionnement peuvent être utilisées pour lire la deuxième image IMG2 lors du procédé de traitement. Plus précisément, dans un exemple particulier, après l'étape S30 d'acquisition optique, le dispositif de traitement DV2 traite les données d'image DT3 reçues et, si de telles marques sont détectées, le dispositif de traitement DV2 détermine la position des marques de positionnement dans et/ou autour de la deuxième image IMG2. Le dispositif de traitement DV2 compare ensuite la position des marques de positionnement avec des positions prédéfinies (leurs positions théoriques) et redimensionne la deuxième image IMG2 à partir d'un résultat de cette comparaison. Cette étape permet notamment de corriger les défauts optiques et de perspectives qui peuvent se produire lors de la prise de vue (acquisition optique S30) et/ou qui peuvent être induits préalablement lors de l'étape S26 de formation (**figure 7**), par exemple dans le cas d'une gravure laser.

[0139] Au cours d'une étape S32 de génération, le dispositif de traitement DV2 génère ensuite, à partir des données d'image DT3 reçues, une troisième image IMG3 caractérisée dans les mêmes dimensions DM1, DM2 et DM3 que celles de la première image IMG1 à partir de laquelle a été générée (S24, **figure 7**) la deuxième image IMG2 lors du procédé de sécurisation. Dans l'exemple considéré ici, la troisième image IMG3 se caractérise donc dans les première et une deuxième dimensions spatiales DM1, DM2 et dans la troisième dimension colorimétrique DM3 dans l'espace colorimétrique CYMB. La troisième image IMG3 est générée et stockée dans la mémoire non volatile MR2 sous la forme de données d'image DT4.

[0140] La troisième image IMG3 ainsi générée (S32) comprend une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions spatiales DM1, DM2 et par l'une des P composantes dans la troisième dimension DM3, où $P=4$ dans cet exemple puisque l'espace colorimétrique considéré est l'espace CYMB.

[0141] Pour ce faire, lors de l'étape S32 de génération, le dispositif de traitement DV2 applique une fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ pour déterminer, à partir des niveaux de gris NG respectifs de chaque pixel PL de la deuxième image IMG2, une unique composante de couleur dans la troisième dimension DM3 des pixels PI correspondants de la troisième image IMG3 (**figure 17**). La fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ est l'inverse de la fonction de transfert F1 précédemment utilisée en S24 (**figure 7**) par le système de sécurisation SY1 pour générer la deuxième image IMG2.

[0142] Ainsi, le dispositif de traitement DV2 convertit (S32), selon la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$, le niveau de gris NG de chaque pixel PL de la deuxième image IMG2 en une unique composante de couleur (parmi CP1-CP4) dans la troisième dimension colorimétrique DM3 d'un pixel PI correspondant de la troisième image IMG3. Autrement dit, la fonction de transfert $F1^{-1}$ inverse définit, pour chaque pixel PL de la deuxième image IMG2, une transformation du niveau de gris NG dudit pixel PL dans une unique composante de couleur dans l'espace colorimétrique CYMB pour un pixel PI correspondant de la troisième image IMG3. L'application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ cause ainsi une sélection, pour chaque pixel PL de la deuxième image IMG2, d'une unique composante dans la troisième dimension colorimétrique DM3 pour un pixel PI correspondant de la troisième image IMG3. D'autres implémentations sont toutefois possibles comme expliqué ci-après.

[0143] Comme déjà décrit, l'application de la fonction de transfert F1 engendre une perte d'information lors de la compression (S24, **figure 7**) depuis l'image source IMG1 vers la deuxième image IMG2 en niveaux de gris. C'est pourquoi, l'application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ ne permet de récupérer (décompresser) qu'une sous-partie des composantes de couleur CP1-CP4 des pixels PX de la première image source IMG1, à savoir une seule composante parmi CP1-CP4 dans l'exemple considéré ici (d'autres exemple sont possibles où plus d'une composante est récupérée dans la troisième dimension DM3). L'unique composante ainsi récupérée peut varier selon le pixel PL considéré dans la deuxième image IMG2. Les composantes de couleur manquantes dans chaque pixel PI de la troisième image IMG3, c'est-à-dire les composantes de couleur qui ont été supprimées lors de la compression (S32, **figure 7**) et qui ne sont donc pas récupérées par application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ sur les niveaux de gris des pixels PL correspondants de la deuxième image IMG2, sont obtenues par interpolation à partir des composantes de couleur obtenues pour les pixels PI de la troisième image IMG3 par application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$.

[0144] A titre purement illustratif, on suppose dans cet exemple qu'au cours de l'étape de génération S32 (**figure 16**), le dispositif de traitement DV2 détermine le niveau de gris NG de chaque pixel PL de la deuxième image IMG2 et génère, par application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ sur ces niveaux de gris NG, des données d'image DT4 représentatives de la troisième image couleur IMG3, comme illustrées en **figure 18**. A ce stade, la troisième image IMG3 est incomplète puisque l'application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ à partir des niveaux de gris NG de chaque pixel

PL de la deuxième image IMG2 ne permet de déterminer qu'une unique composante de couleur (parmi CP1-CP4) pour chaque pixel PI correspondant de la troisième image IMG3.

[0145] Comme représenté en **figure 18**, la troisième image IMG3 comprend ici des pixels PI notés successivement PI1 à PI16, correspondant respectivement aux pixels PL1 à PL16 de la deuxième image IMG2. L'application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ ne permet par exemple que de déterminer la première composante de couleur CP1 (cyan) du pixel PI1 de l'image IMG3 à partir du niveau de gris NG du pixel correspondant PL1 de la deuxième image IMG2. Les composantes CP2 (jaune), CP3 (magenta) et CP4 (noir) sont donc manquantes à ce stade dans la mesure où la compression préalable opérée en S24 (**figure 7**) a causé la suppression de ces composantes de couleur. Ce principe s'applique de manière analogue aux autres pixels PI de la troisième image IMG3.

[0146] Aussi, toujours au cours de l'étape de génération S32 (**figure 16**), le dispositif de traitement DV2 réalise une interpolation à partir des composantes de couleur CP1-CP4 obtenues par application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ pour déterminer les autres composantes de couleur manquantes dans les pixels PI de la troisième image IMG3. Plus précisément, le dispositif de traitement DV2 détermine pour chaque pixel PI de la troisième image IMG3 les composantes de couleur manquantes, autre que l'unique composante de couleur obtenue par application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ pour ledit pixel PI, en interpolant des composantes de couleur correspondantes, dans la troisième dimension DM3, de pixels voisins audit pixel PI dans la troisième image IMG3.

[0147] La **figure 19** représente par exemple, la première composante de couleur CP1 (cyan) des pixels PI1, PI3, PI10 et PI11 de la troisième image IMG3 qui est récupérée en S32 (**figure 16**) par application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ à partir du niveau de gris NG des pixels correspondants PL de la deuxième image IMG2 acquise en S30. Comme illustré en **figure 19**, la première composante de couleur CP1 (cyan) est manquante dans les autres pixels PI de la troisième image IMG3 puisque, dans le cas présent, la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ ne définit qu'une seule composante dans la troisième dimension DM3 pour chaque pixel PI de la troisième image IMG3, à partir d'un niveau de gris NG d'un pixel PL correspondant de la deuxième image IMG2.

[0148] Pour compléter les composantes de troisième dimension DM3 obtenues par application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$, les composantes de couleur manquantes de chaque pixel PI de la troisième image IMG3 sont ainsi calculées par interpolation à partir des mêmes composantes, de pixels voisins, obtenues par application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$. Comme représenté à titre d'exemple en **figure 20**, la première composante manquante CP1 du pixel PI2 de la troisième image IMG3 est déterminé par interpolation à partir de la première composante CP1 des pixels voisins PI1 et PI3 obtenues par application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ (la valeur 42 égale à la moyenne de 41 et 43 est attribuée à la composante de couleur CP1 du pixel PI2 de la troisième image IMG3). Selon le même principe, chaque première composante de couleur CP1 manquante est ainsi complétée dans la troisième image IMG3.

[0149] Diverses techniques d'interpolation sont possibles pour compléter les composantes manquantes de troisième dimension DM3 dans la troisième image IMG3, le choix de celle utilisée étant laissé à la discrétion de l'homme du métier. Cette interpolation repose par exemple sur le calcul d'une moyenne des composantes correspondantes de X pixels PI voisins selon une même couleur fondamentale de l'espace colorimétrique considéré (X étant un entier supérieur ou égal à 2).

[0150] Comme représenté en **figure 20**, cette opération d'interpolation permet d'obtenir pour chaque pixel PI de la troisième image IMG3 une première composante de couleur CP1 proche de celle du pixel PX correspondant de la première image source IMG1.

[0151] Les autres composantes de couleur CP2, CP3 et CP4 des pixels PI de la troisième image IMG3 sont complétés de façon analogue par interpolation à partir des composantes de couleur correspondantes CP2, CP3 et CP4 obtenues par application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ pour des pixels PI voisins. L'interpolation permet de compléter les composantes de couleur obtenues par application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ pour définir toutes les composantes de couleur CP1-CP4 définissant la couleur respective de chaque pixel PI de la troisième image couleur IMG3.

[0152] Le dispositif de traitement DV2 génère (S32, **figure 16**) ainsi la troisième image couleur IMG3 comme illustrée en **figure 21** par application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$, le résultat de cette interpolation étant complété par interpolation comme décrit ci-avant.

[0153] La troisième image IMG3 est généralement une version de qualité dégradée de la première image source IMG1 à partir de laquelle a été générée (S24, **figure 7**) la deuxième image IMG2 en niveaux de gris, ceci en raison du fait que la compression réalisée lors du procédé de sécurisation s'accompagne d'une perte partielle d'informations. Toutefois, dans certains cas particuliers, il se peut que l'interpolation réalisée lors de la génération (S32, **figure 16**) au cours du procédé de traitement aboutisse exactement à la première image IMG1.

[0154] La deuxième image IMG2 formée en niveaux de gris sur le support DC1 fait ainsi office de dispositif de sécurité dans la mesure où cette deuxième image IMG2 peut être authentifiée à partir de l'inverse de la fonction de transfert $F1$ utilisée pour former la deuxième image IMG2 lors du procédé de sécurisation.

[0155] Ainsi, selon un exemple particulier, le procédé de traitement comprend en outre une étape S34 (**figure 16**)

d'authentification au cours de laquelle le système de traitement SY2 authentifie la troisième image IMG3. Cette authentification repose sur une comparaison de la troisième image IMG3 générée en S32 avec la première image IMG1 servant d'image de référence. Plus précisément, le système de traitement SY2 réalise une comparaison des composantes dans la troisième dimension DM3 des pixels (PI, PX) de la première image IMG1 et de la troisième image IMG3 pour déterminer si ces composantes coïncident. Comme indiqué ci-avant, une dégradation de la qualité d'image peut impacter la troisième image IMG3 par rapport à la première image source IMG1. C'est pourquoi, le système de traitement SY2 ne cherche pas nécessairement une correspondance parfaite entre les couleurs des pixels correspondants des images IMG1 et IMG3 pour que la troisième image IMG3 soit authentifiée avec succès. Selon un exemple particulier, la troisième image IMG3 est authentifiée avec succès si le degré de similarité entre les images IMG1 et IMG3 atteint un niveau seuil prédéterminé.

[0156] L'invention permet ainsi de former des images en niveaux de gris faisant office de dispositifs de sécurité qui sont authentifiables de façon fiable et sécurisée, et qui sont difficiles à falsifier ou à reproduire, ce qui permet de sécuriser un objet ou support quelconque.

[0157] Le niveau de protection élevé ainsi obtenu résulte notamment du fait que plusieurs technologies de natures différentes sont combinées pour limiter ou empêcher toutes falsifications ou reproductions illicites. En effet, pour former une deuxième image IMG2 en niveau de gris selon le concept de l'invention, un faussaire doit mettre en œuvre une compression numériques de la première image source IMG1 ce qui implique des moyens de traitement informatique adéquats, et doit en outre disposer des moyens nécessaires pour reproduire physiquement (par impression, gravure laser ou autre selon le cas) cette deuxième image IMG2 sur un support avec un niveau de qualité suffisant pour pouvoir être lue et exploitée par la suite. Sans la fonction de transfert appropriée, la génération de la deuxième image IMG2 en niveaux de gris n'est pas possible.

[0158] De même, pour authentifier une deuxième image IMG2 en niveaux de gris conforme au principe de l'invention, un tiers doit disposer des moyens d'acquisition optique adéquats pour réaliser une capture optique de la deuxième image IMG2 formée sur un support puis doit avoir recours aux moyens de traitement informatique nécessaires pour générer et authentifier une troisième image IMG3, comme décrit ci-avant. Sans la fonction de transfert inverse, il n'est pas possible de reconstituer la troisième image IMG3 à partir de la deuxième image en niveaux de gris IMG2.

[0159] Selon un exemple particulier illustré en **figures 22-23**, la première image source IMG1 à partir de laquelle est générée (S24, **figure 7**) la deuxième image IMG2 en niveaux de gris peut être, ou comprendre, un code-barres quelconque tel qu'un code-barres 1D (unidimensionnel) ou un code 2D (bidimensionnel). La deuxième image IMG2 en niveau de gris peut ainsi comprendre sous forme chiffrée un code-barres dont la lecture et l'interprétation n'est possible qu'avec la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ adéquate.

[0160] Par ailleurs, comme indiqué précédemment, la nature de la première image source IMG1 au sens de l'invention (et donc aussi de la troisième image IMG3) peut varier selon le cas. Dans les exemples de réalisation décrits ci-avant, la première image IMG1 est une image 2D couleur qui comporte donc des pixels se caractérisant dans deux dimensions spatiales DM1, DM2 et dans une troisième dimension colorimétrique DM3. L'invention s'applique toutefois de façon analogue à d'autres types d'images sources IMG1 dont les pixels se caractérisent dans au moins trois dimensions, dont deux dimensions spatiales DM1, DM2 et une troisième dimension DM3 dont la nature peut varier selon le cas. Comme déjà indiqué, on considère ici que l'image source IMG1 comprend une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions spatiales DM1, DM2 et par au moins deux composantes dans la troisième dimension DM3.

[0161] Ainsi, le principe de l'invention peut s'appliquer notamment à une image source IMG1 conforme à l'un des types suivants :

- images 2D couleur (comme déjà décrit dans les exemples ci-avant) ;
- images 3D en niveaux de gris ;
- images 3D couleur ;
- images spectrales (en 2D ou 3D) ; et
- images SLI (en niveaux de gris ou en couleurs).

[0162] Quelle que soit la nature de l'image source IMG1 considérée, celle-ci est compressée numériquement sous la forme d'une image 2D en niveaux de gris - notée IMG2 - par le procédé de sécurisation de l'invention. Chaque pixel de la deuxième image IMG2 ainsi générée présente un niveau de gris NG qui représente ou encode une unique composante dans la troisième dimension DM3 d'un pixel correspondant de l'image source IMG1. Les niveaux de gris NG de la deuxième image IMG2 représentent par exemple une composante dans une troisième dimension spatiale, ou dans une

troisième dimension spectrale, de l'image source IMG1.

[0163] De même, quelle que soit la nature de l'image source IMG1 à partir de laquelle a été générée la deuxième image IMG2 en niveaux de gris, la mise en œuvre du procédé de traitement de l'invention permet de générer, à partir de cette deuxième image IMG2 en niveau de gris, une troisième image IMG3 qui se caractérise dans les mêmes dimensions DM1, DM2 et DM3 que l'image source IMG1. La troisième image IMG3 ainsi générée est similaire (voire même identique dans certains cas particuliers) à l'image source IMG1. Il est alors possible d'authentifier la troisième image IMG3 en la comparant avec la première image source IMG1 qui sert d'image de référence.

[0164] Le principe de l'invention décrit ci-avant dans des exemples particuliers relatifs à la compression et décompression d'une image source IMG1 de type 2D couleur s'applique de façon analogue aux autres types d'images précités. Des mises en œuvre particulières de l'invention sont décrites ci-dessus à titre purement d'exemples. Sauf indications contraires, les étapes du procédé de sécurisation et du procédé de traitement de l'invention sont mises en œuvre, par le système de sécurisation SY1 (**figures 5-6**) et par le système de traitement SY2 (**figures 14-15**) précédemment décrits, de la même façon que dans les exemples particuliers décrits ci-avant.

Deuxième exemple de réalisation (première variante) :

[0165] Ainsi, selon un deuxième exemple particulier, la première image IMG1 se caractérise dans 3 dimensions ($N=3$), à savoir deux dimensions spatiales DM1, DM2 (selon des directions x et y) et dans une troisième dimension spatiale DM3 autre que les dimensions DM1 et DM2. Cette troisième dimension DM3 peut correspondre à une troisième direction z , dans un repère cartésien par exemple (cas où l'image source IMG1 est une image 3D), ou encore peut correspondre à une dimension angulaire (cas où l'image source IMG1 est de type SLI).

[0166] Selon une première variante, la première image source IMG1 acquise en S22 (**figure 7**) lors du procédé de sécurisation est par exemple une image 3D comprenant une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions DM1, DM2 (selon respectivement les directions x et y) et par au moins deux composantes de position dans une troisième dimension spatiale DM3 (selon la direction z). La deuxième image en niveaux de gris IMG2 générée en S24 (**figure 7**) lors de la compression comprend alors une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris NG représentatif d'une unique composante de position dans la troisième dimension spatiale DM3 d'un pixel correspondant de la première image source IMG1.

[0167] Lors de l'étape S24 de génération du procédé de sécurisation, le système de sécurisation SY1 réalise une compression de la première image 3D IMG1 en appliquant une fonction de transfert $F1$ comme déjà décrit ci-avant, pour déterminer, à partir des composantes de position dans la troisième dimension spatiale DM3 de chaque pixel de la première image source IMG1, les niveaux de gris NG des pixels correspondants de la deuxième image IMG2.

[0168] En outre, lors du procédé de traitement, la troisième image IMG3 générée en S32 (**figure 16**) par le système de traitement SY2 est également une image 3D se caractérisant par les trois dimensions spatiales DM1, DM2 et DM3 suivant respectivement les directions x , y et z . La troisième image IMG3 comprend ainsi une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions DM1, DM2 et par au moins deux composantes de position dans la troisième dimension spatiale DM3.

[0169] La deuxième image en niveaux de gris IMG2 préalablement acquise lors de l'acquisition optique S30 (**figure 16**) comprend une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris NG représentatif d'une composante de position dans la troisième dimension spatiale DM3 d'un pixel correspondant de la troisième image IMG3.

[0170] Lors de l'étape S32 de génération du procédé de traitement, le système de traitement SY2 réalise une décompression de la deuxième image IMG2 en appliquant une fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ comme déjà décrit ci-avant, de sorte à déterminer, à partir des niveaux de gris NG des pixels de la deuxième image IMG2, une composante de position dans la troisième dimension spatiale DM3 de chaque pixel de la troisième image IMG3. Les composantes de position manquantes dans la troisième image IMG3 peuvent être complétées par interpolation à partir des composantes de position obtenues par application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ comme déjà décrit ci-avant.

Deuxième exemple de réalisation (deuxième variante) :

[0171] Selon une deuxième variante, la première image source IMG1 acquise en S22 (**figure 7**) lors du procédé de sécurisation est par exemple une image SLI comprenant une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions DM1, DM2 (selon respectivement les directions x et y) et par au moins deux composantes de position angulaire dans une troisième dimension spatiale DM3. La deuxième image en niveaux de gris IMG2 générée en S24 (**figure 7**) lors de la compression comprend alors une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris NG représentatif d'au moins une composante de position angulaire dans la troisième dimension spatiale DM3 d'un pixel correspondant de la première image IMG1.

[0172] Lors de l'étape S24 de génération, le système de sécurisation SY1 réalise une compression de la première image SLI IMG1 en appliquant une fonction de transfert $F1$ comme déjà décrit ci-avant, pour déterminer, à partir des

composantes de position angulaire dans la troisième dimension spatiale DM3 de chaque pixel de la première image source IMG1, les niveaux de gris NG des pixels correspondants de la deuxième image IMG2.

[0173] En outre, la troisième image IMG3 générée par le système de traitement SY2 lors de la génération S32 (**figure 16**) du procédé de traitement est également une image SLI comprenant une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions DM1, DM2 (selon respectivement les directions x et y) et par au moins deux composantes de position angulaire dans la troisième dimension spatiale DM3. La deuxième image IMG2 préalablement acquise lors de l'acquisition optique S30 (**figure 16**) comprend une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris NG représentatif d'au moins une composante de position angulaire dans la troisième dimension spatiale DM3 d'un pixel correspondant de la troisième image IMG3.

[0174] Lors de l'étape S32 de génération du procédé de traitement, le système de traitement SY2 réalise une décompression de la deuxième image IMG2 en appliquant une fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ comme déjà décrit ci-avant, pour déterminer, à partir des niveaux de gris NG des pixels de la deuxième image IMG2, une composante de position angulaire dans la troisième dimension spatiale DM3 de chaque pixel de la troisième image IMG3. Les composantes de position angulaire manquantes dans la troisième image IMG3 peuvent être complétées par interpolation à partir des composantes de position angulaire obtenues par application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ comme déjà décrit ci-avant.

[0175] A titre d'exemple, la **figure 24** illustre la mise en œuvre de l'invention pour compresser une image source IMG1 de type SLI, comprenant 4 sous-images IMG10-IMG13 d'un même objet (un visage dans cet exemple) selon des positions angulaires différentes, en une deuxième image en niveaux de gris IMG2. Chaque pixel de l'image source IMG1 est ainsi défini par sa position respective dans les première et deuxième dimensions DM1, DM2 (selon les directions respectives x et y) et par au moins deux composantes dans ladite troisième dimension angulaire DM3. L'application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ permet d'obtenir, à partir de la deuxième image en niveaux de gris IMG2, une troisième image IMG3 de type SLI comprenant également 4 sous-images IMG30-IMG33 selon des positions angulaires différentes. Les sous-images angulaires IMG30, IMG31, IMG32 et IMG33 de la troisième image IMG3 sont représentatives respectivement des sous-images angulaires IMG10, IMG11, IMG12 et IMG13 de l'image source IMG1.

Troisième exemple de réalisation :

[0176] Selon un troisième exemple de réalisation, la première image IMG1 acquise en S22 (**figure 7**) lors du procédé de sécurisation est une image spectrale se caractérisant dans 3 dimensions ($N=3$), à savoir deux dimensions spatiales DM1, DM2 (selon des directions x et y) et dans une troisième dimension spectrale DM3 dans un espace spectral (espace spectral UV, IR, visible, etc.). La première image source IMG1 comprend une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions DM1, DM2 et par au moins deux composantes d'intensité spectrale dans la troisième dimension spectrale DM3. La deuxième image IMG2 ainsi générée en S24 (**figure 7**) lors de la compression comprend une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris NG représentatif d'au moins une composante d'intensité spectrale d'un pixel correspondant de la première image source IMG1.

[0177] Lors de l'étape S24 de génération du procédé de sécurisation, le système de sécurisation SY1 réalise une compression de la première image spectrale IMG1 en appliquant une fonction de transfert F1 comme déjà décrit ci-avant, pour déterminer, à partir des composantes d'intensité spectrale de chaque pixel de la première image source IMG1, les niveaux de gris NG des pixels correspondants de la deuxième image IMG2.

[0178] En outre, lors du procédé de traitement, la troisième image IMG3 générée en S32 (**figure 16**) est également une image spectrale se caractérisant par les deux dimensions spatiales DM1, DM2 (suivant respectivement les directions x et y) et par la dimension spectrale DM3 dans l'espace spectral précité. La troisième image IMG3 comprend ainsi une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions DM1, DM2 et par au moins deux composantes de position dans la troisième dimension spectrale DM3.

[0179] La deuxième image en niveaux de gris IMG2 acquise lors de l'acquisition optique S30 (**figure 16**) comprend alors une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris NG représentatif d'une unique composante de position dans la troisième dimension spatiale DM3 d'un pixel correspondant de la troisième image IMG3.

[0180] Lors de l'étape S32 de génération du procédé de traitement, le système de traitement SY2 réalise une décompression de la deuxième image IMG2 en appliquant la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ comme déjà décrit ci-avant, pour déterminer, à partir des niveaux de gris NG des pixels de la deuxième image IMG2, une composante d'intensité spectrale dans la troisième dimension DM3 de chaque pixel de la troisième image IMG3. Les composantes d'intensité spectrale manquantes dans la troisième image IMG3 peuvent être complétées par interpolation à partir des composantes d'intensité spectrale obtenues par application de la fonction de transfert inverse $F1^{-1}$ comme déjà décrit ci-avant.

Généralisation du concept de l'invention :

[0181] Dans les exemples de réalisation décrits ci-avant, la deuxième image en niveaux de gris IMG2 générée lors

de la compression S24 (figure 7) comprend une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris NG représentatif d'une unique composante CP dans la troisième dimension DM3 d'un pixel correspondant de la première image source IMG1. Par exemple, le niveau de gris NG est tel que $NG = \alpha \cdot CP$, où α est un coefficient réel positif et CP est une unique composante (dans la troisième dimension DM3) sélectionnée par la fonction de transfert F1. Ainsi, dans les exemples

illustrés dans les figures 7-13 et 16-21, le niveau de gris NG de chaque pixel PL de la deuxième image IMG2 encode une seule parmi les composantes de couleur CP1-CP4 dans l'espace colorimétrique CYMB. Cependant, l'invention ne se limite pas à ce cas particulier.

[0182] Ainsi, plus généralement, la fonction de transfert F1 utilisée lors l'étape S24 de compression représentée en figure 7 (ou à l'étape S4 en figure 4) est une fonction bijective appliquée aux composantes dans la troisième dimensions DM3 de chaque pixel PX de la première image source IMG1 pour obtenir un niveau de gris NG correspondant dans le pixel correspondant PL de la deuxième image IMG2 en niveaux de gris. Ainsi, dans le cas considéré où il y a 4 composantes CP1-CP4 dans la troisième dimension DM3, pour chaque pixel PX de la première image IMG1, le niveau de gris NG du pixel PL correspondant dans la deuxième image IMG2 est tel que :

$$[Math. 3] \quad NG = F1(CP1, CP2, CP3, CP4)$$

[0183] Comme déjà indiqué, le nombre P de composantes dans la troisième dimension DM3 que comporte chaque pixel PX de la première image source IMG1 peut varier selon le cas, étant entendu que $P \geq 2$. Aussi, de façon générale, les niveaux de gris NG des pixels PL de la deuxième image IMG2 en niveaux de gris sont tels que :

$$[Math. 4] \quad NG = F1(CP1, \dots, CPP)$$

[0184] Par exemple, dans le cas où la première image source IMG1 est une image 2D couleur définie dans l'espace colorimétrique RGB, alors chaque pixel PX de la première image IMG1 comporte 3 composantes de couleurs CP1, CP2 et CP3 selon les couleurs rouge, vert et bleu. Dans ce cas, les niveaux de gris NG des pixels PL de la deuxième image IMG2 en niveaux de gris sont tels que :

$$[Math. 5] \quad NG = F1(CP1, CP2, CP3)$$

[0185] Par essence, la fonction bijective F1 est une fonction qui peut être inversée. Cette fonction définit une transformation depuis un espace d'entrée correspondant à la première image source IMG1 vers une espace de sortie correspondant à la deuxième image IMG2 en niveaux de gris.

[0186] La fonction de transfert F1 peut être par exemple une fonction linéaire ou encore une fonction affine. Divers types de fonction mathématiques F1 sont envisageables selon l'application considérée.

selon un exemple particulier, la deuxième image en niveau de gris IMG2 peut comprendre une pluralité de pixels présentant un niveau de gris NG représentatif d'une combinaison linéaire d'au moins deux composantes dans la troisième dimension DM3 d'un pixel correspondant de la première image source IMG1, cette combinaison linéaire étant définie par la fonction de transfert F1 pour chaque pixel de la première image source IMG1. Cette variante peut s'appliquer quelle que soit la nature de la troisième dimension DM3 parmi celles mentionnées ci-avant.

[0187] Ainsi, dans le cas particulier où il y a 4 composantes différentes CP1-CP4 dans la troisième dimension DM3, la fonction de transfert F1 peut définir un niveau de gris NG représentatif pour chaque pixel PX de la première image source IMG1 de sorte que :

$$[Math. 6] \quad NG = \alpha_1 \cdot CP1 + \alpha_2 \cdot CP2 + \alpha_3 \cdot CP3 + \alpha_4 \cdot CP4$$

où α_1 , α_2 , α_3 et α_4 sont des coefficients réels (des poids) définissant une transformation linéaire des composantes CP1-CP4 dans la troisième dimension DM3 en un niveau de gris correspondant d'un pixel PL correspondant de la deuxième image IMG2 en niveaux de gris.

[0188] Selon un exemple particulier, au moins un coefficient parmi α_1 - α_4 est nul pour chaque pixel PX de la première image source IMG1.

[0189] Il est par exemple possible d'encoder plusieurs composantes de couleur de chaque pixel PX d'une première image couleur IMG1 dans le niveau de gris du pixel PL correspondant dans l'image IMG2 générée en S24 (figure 7). Le niveau de gris NG de chaque pixel PL de la deuxième image IMG2 est par exemple représentatif d'une combinaison linéaire de deux composantes de couleur dans l'espace colorimétrique CYMB du pixel PX correspondant de la première

image couleur IMG1. Les pixels PL de la deuxième image IMG2 peuvent par exemple présenter un niveau de gris NG représentant successivement les combinaisons linéaires suivantes des pixels PX correspondants : $NG=CP1+CP2$ (pour le pixel PX1), $NG=CP2-CP3$ (pour le pixel PX2), $NG=CP3-CP4$ (pour le pixel PX3),...

[0190] La fonction de transfert F1 définit alors, pour chaque pixel PX de la première image source IMG1 (ou pour au moins pour une partie non nulle de ces pixels), une compression des composantes dans la troisième dimension DM3 dudit pixel PX, en une combinaison linéaire d'au moins deux de ces composantes, cette combinaison étant représenté par un niveau de gris NG dans le pixel PL correspondant de la deuxième image IMG2. Pour ce faire, la fonction de transfert F1 attribue des poids non nul à certaines composantes (au moins 2) dans la troisième dimension DM3 pour les combiner ensemble afin d'obtenir un niveau de gris représentatif. A noter toutefois que la fonction de transfert F1 attribue un poids nul (suppression) à au moins une composante dans la troisième dimension DM3 de chaque pixel de la première image source IMG1.

[0191] De façon générale, la compression opérée lors du procédé de sécurisation de l'invention est une compression avec perte de données de sorte que parmi les P composantes caractérisant dans la troisième dimension DM3 chaque pixel de la première image source IMG1 (avec $P \geq 2$), la fonction de transfert F1 ne sélectionne que Q composantes qui sont représentées (ou encodées) dans le niveau de gris NG du pixel correspondant de la deuxième image IMG2, P et Q étant des entiers tels que $1 \leq Q < P$. Ainsi, parmi les P composantes dans la troisième dimension DM3 de chaque pixel de la première image source IMG1, au moins une composante n'est pas encodée dans les niveaux de gris du pixel correspondant de la deuxième image IMG2. Le niveau de gris de chaque pixel dans la deuxième image IMG2 est donc représentatif de Q composantes dans la troisième dimension DM3, les composantes sélectionnées pouvant varier pour chaque pixel de la première image source IMG1.

[0192] Selon un exemple particulier, $Q=1$ (sélection d'une unique composante dans DM3) ou $Q=2$ (sélection de deux composantes dans DM3) pour chaque pixel de la première image source IMG1.

[0193] A noter d'autre part que l'ordre dans lequel s'enchaînent les étapes du procédé de sécurisation et du procédé de traitement tels que décrits précédemment ne constitue qu'un exemple de réalisation, des variantes étant possibles.

[0194] Un homme du métier comprendra que les modes de réalisation et variantes décrits ci-avant ne constituent que des exemples non limitatifs de mise en œuvre de l'invention. En particulier, l'homme du métier pourra envisager une quelconque adaptation ou combinaison des modes de réalisation et variantes décrits ci-avant afin de répondre à un besoin bien particulier.

Revendications

1. Procédé de sécurisation mis en œuvre par un système de sécurisation (SY1), le procédé comprenant :

- acquisition (S2) d'une première image (IMG1) **caractérisée** dans au moins N dimensions comprenant une première et une deuxième dimension spatiale (DM1, DM2) et une troisième dimension (DM3), N étant un entier supérieur ou égal à 3, ladite troisième dimension définissant l'une parmi :

- o une dimension spatiale autre que les première et deuxième dimensions spatiales ;
- o une dimension colorimétrique dans un espace colorimétrique ; et
- o une dimension spectrale dans un espace spectrale ;

la première image comprenant une pluralité de pixels (PX) définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions et par au moins deux composantes (CP1-CP4) dans ladite troisième dimension;

- compression (S4) de la première image en une deuxième image (IMG2) en niveaux de gris comprenant une pluralité de pixels (PL) présentant chacun un niveau de gris (NG) représentatif d'au moins une composante dans ladite troisième dimension (DM3) d'un pixel correspondant de la première image,

ladite compression comprenant l'application d'une fonction de transfert (F1) pour déterminer, à partir des composantes dans ladite troisième dimension de chaque pixel de la première image, les niveaux de gris des pixels correspondants de la deuxième image ; et

- la formation (S6) de la deuxième image en niveaux de gris sur un support (DC1).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les pixels de la deuxième image en niveaux de gris présentent chacun un niveau de gris représentatif d'une unique composante, dans la troisième dimension, d'un pixel correspondant dans la première image, ladite unique composante étant sélectionnée par la fonction de transfert pour chaque pixel de ladite première image.

3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les pixels de la deuxième image en niveaux de gris présentent un

niveau de gris représentatif d'une combinaison linéaire d'au moins deux composantes dans la troisième dimension d'un pixel correspondant de la première image, ladite combinaison linéaire étant définie par la fonction de transfert pour chaque pixel de ladite première image.

- 5 **4.** Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la compression est une compression avec perte de données de sorte que parmi les P composantes dans la troisième dimension de chaque pixels de la première image, la fonction de transfert ne sélectionne que Q composantes qui sont représentées dans le niveau de gris du pixel correspondant dans la deuxième image, P et Q étant des entiers tels que $1 \leq Q < P$.
- 10 **5.** Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel N=3 et la troisième dimension est une dimension colorimétrique dans un espace colorimétrique de sorte que :
 - la première image acquise lors de ladite acquisition est une image couleur comprenant une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions et par au moins deux composantes de couleur dans ledit espace colorimétrique; et
 - 15 - la deuxième image générée lors de ladite compression comprend une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris représentatif d'au moins une composante de couleur d'un pixel correspondant de la première image,
 - ladite compression comprenant l'application de la fonction de transfert pour déterminer, à partir des composantes de couleur de chaque pixel de la première image, les niveaux de gris des pixels correspondants de la deuxième image.
- 20 **6.** Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel N=3 et la troisième dimension est une dimension spatiale autre que les première et deuxième dimensions spatiales de sorte que :
 - la première image acquise lors de ladite acquisition est une image 3D comprenant une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions et par au moins deux composantes de position dans ladite troisième dimension spatiale ; et
 - 25 - la deuxième image générée lors de ladite compression comprend une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris représentatif d'au moins une composante de position dans la troisième dimension spatiale d'un pixel correspondant de la première image,
 - ladite compression comprenant l'application de la fonction de transfert pour déterminer, à partir des composantes de position dans la troisième dimension spatiale de chaque pixel de la première image, les niveaux de gris des pixels correspondants de la deuxième image.
- 30 **7.** Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel ladite deuxième image forme un dispositif de sécurité qui est authentifiable en comparant la première image avec une troisième image obtenue par application de l'inverse de la fonction de transfert à la deuxième image présente sur le support.
- 35 **8.** Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, Dans lequel la deuxième image est formée sur le support par l'un au moins parmi les procédés de formation suivants :
 - formation de la troisième image par gravure laser ;
 - impression de la troisième image sur le support ; et
 - 40 - formation de la troisième image par micro-perforations.
- 45 **9.** Procédé de traitement mis en oeuvre par un système de traitement (SY2), comprenant :
 - acquisition optique (S10) d'une deuxième image (IMG2) en niveau de gris comprenant une pluralité de pixels (PL) formés sur un support (DC1), pour obtenir des données d'image (DT3) définissant un niveau de gris (NG) de chaque pixel de ladite deuxième image ;
 - 50 - génération (S12), à partir desdites données d'image, d'une troisième image (IMG3) **caractérisée** dans au moins N dimensions comprenant une première et une deuxième dimension spatiale (DM1, DM2) et une troisième dimension (DM3), N étant un entier supérieur ou égal à 3, ladite troisième dimension définissant l'un parmi :
 - 55 o une dimension spatiale autre que les première et deuxième dimensions spatiales ;
 - o une dimension colorimétrique dans un espace colorimétrique ; et
 - o une dimension spectrale dans un espace spectrale ;

la troisième image comprenant une pluralité de pixels (PI) définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions et par au moins deux composantes (CP1-CP4) dans ladite troisième dimension, ladite génération comprenant l'application d'une fonction de transfert inverse ($F1^{-1}$) pour déterminer, à partir des niveaux de gris respectifs de chaque pixel de la deuxième image, au moins une composante dans la troisième dimension des pixels correspondants de la troisième image ; et
 - authentification (S14) de la troisième image par comparaison des pixels de la troisième image avec les pixels (PX) d'une première image de référence (IMG1).

10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel l'authentification de la troisième image comprend une comparaison des composantes dans la troisième dimension des pixels desdites première et troisième images pour déterminer si elles coïncident.

11. Procédé selon la revendication 9 ou 10, dans lequel ladite génération comprend une conversion, selon la fonction de transfert inverse, du niveau de gris de chaque pixel de la deuxième image en une unique composante dans la troisième dimension d'un pixel correspondant de la troisième image.

12. Procédé selon la revendication 9 ou 10, dans lequel ladite génération comprend une conversion, selon la fonction de transfert inverse, du niveau de gris de chaque pixel de la deuxième image en une combinaison linéaire d'au moins deux composantes dans la troisième dimension d'un pixel correspondant de la troisième image.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, dans lequel la génération de la troisième image comprend en outre :

- détermination pour chaque pixel de la troisième image d'au moins une composante manquante dans la troisième dimension, autre que ladite au moins une composante dans la troisième dimension obtenue par application de ladite fonction de transfert inverse pour ledit pixel, en interpolant des composantes correspondantes dans la troisième dimension de pixels voisins audit pixel dans ladite troisième image.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, dans lequel $N=3$ et la troisième dimension est une dimension colorimétrique dans un espace colorimétrique de sorte que :

- la troisième image générée lors de ladite génération est une image couleur comprenant une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions et par au moins deux composantes de couleur dans ledit espace colorimétrique; et

- la deuxième image acquise lors de ladite acquisition optique comprend une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris représentatif d'au moins une composante de couleur d'un pixel correspondant de la troisième image, ladite génération comprenant l'application de la fonction de transfert inverse pour déterminer, à partir des niveaux de gris des pixels de la deuxième image, au moins une composante de couleur de chaque pixel de la troisième image.

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, dans lequel $N=3$ et la troisième dimension est une dimension spatiale autre que les première et deuxième dimensions spatiales de sorte que :

- la troisième image générée lors de ladite génération est une image 3D comprenant une pluralité de pixels définis par leur position respective dans les première et deuxième dimensions et par au moins deux composantes de position dans ladite troisième dimension spatiale ; et

- la deuxième image acquise lors de ladite acquisition optique comprend une pluralité de pixels présentant chacun un niveau de gris représentatif d'au moins une composante de position dans la troisième dimension spatiale d'un pixel correspondant de la troisième image, ladite génération comprenant l'application de la fonction de transfert inverse pour déterminer, à partir des niveaux de gris des pixels de la deuxième image, au moins une composante de position dans la troisième dimension spatiale de chaque pixel de la troisième image.

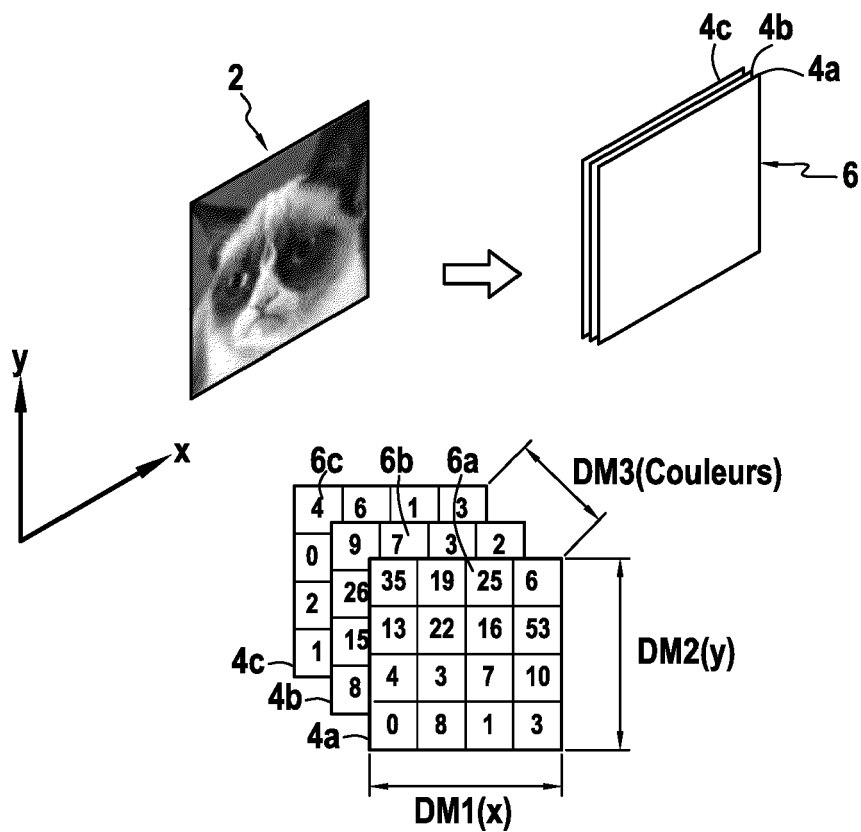


FIG. 1

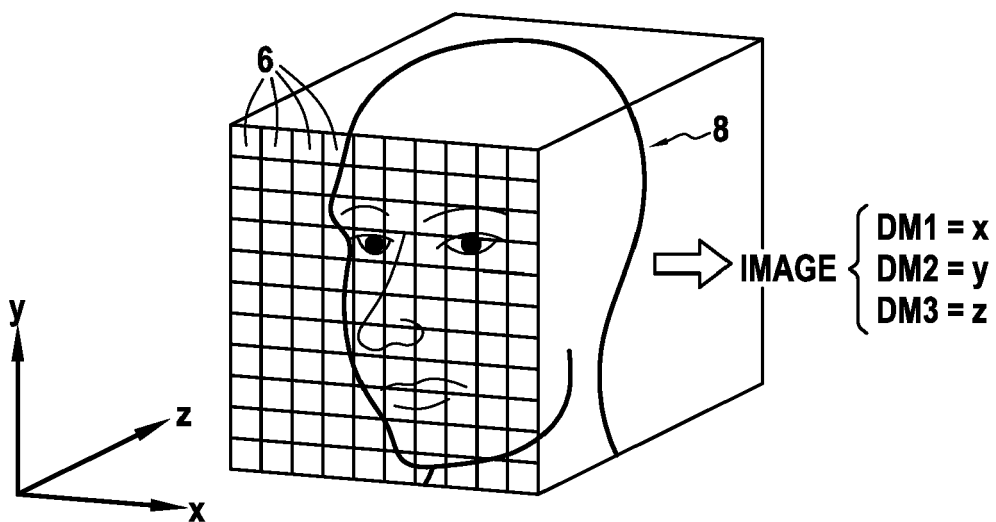


FIG. 2

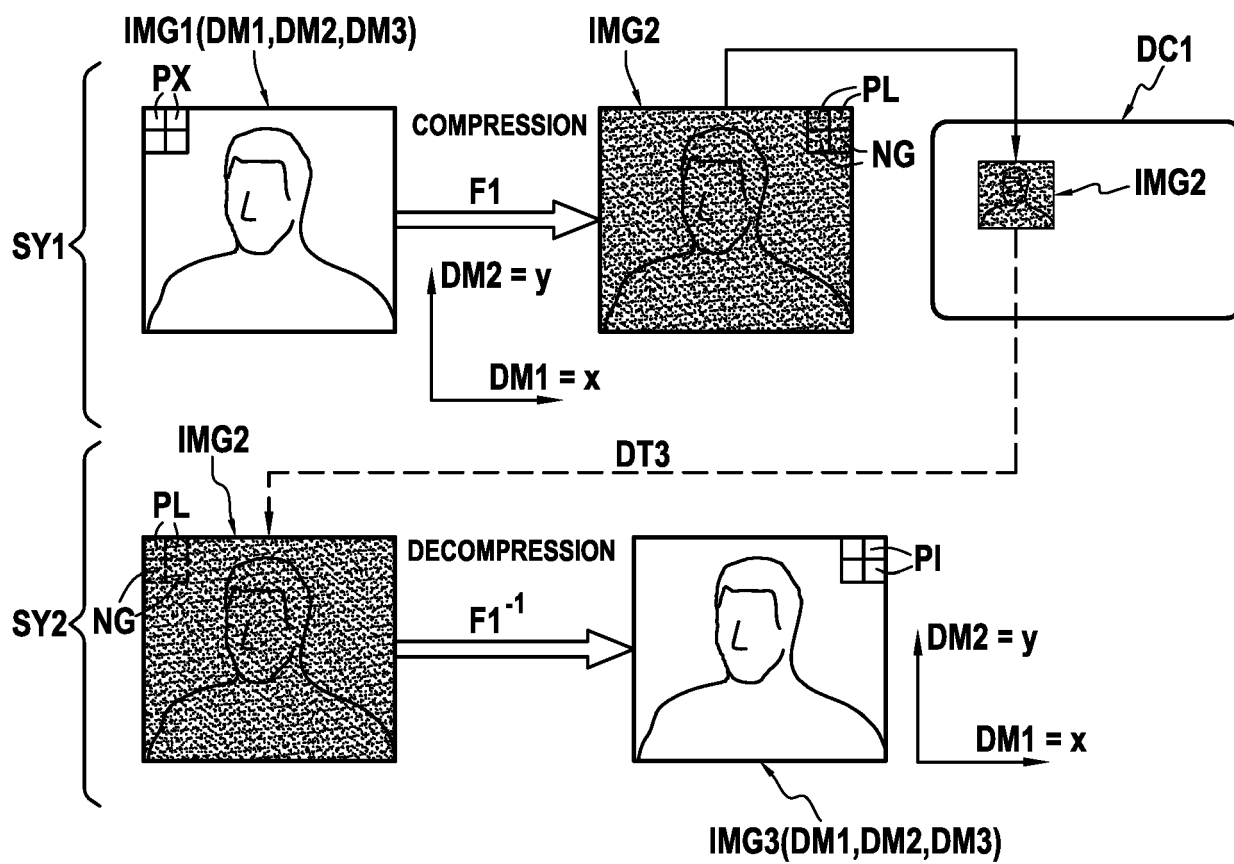
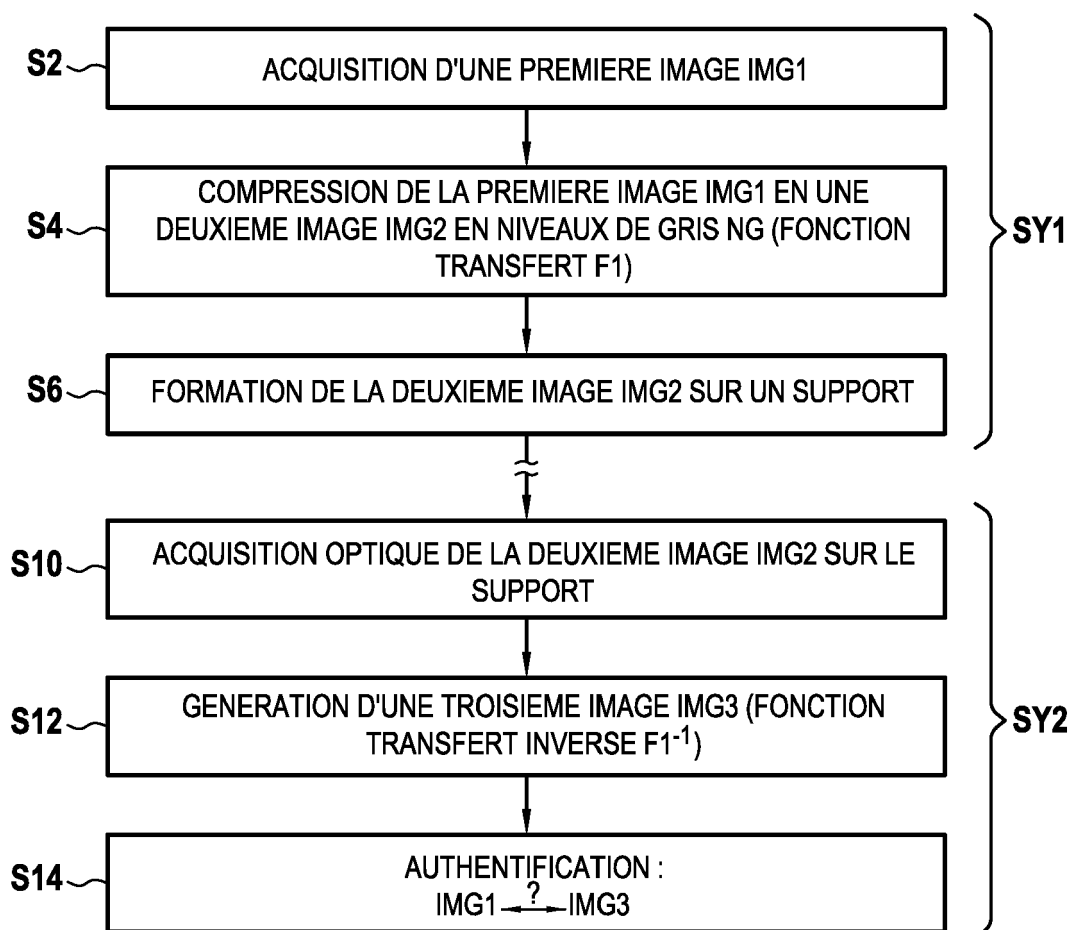


FIG. 3

**FIG. 4**

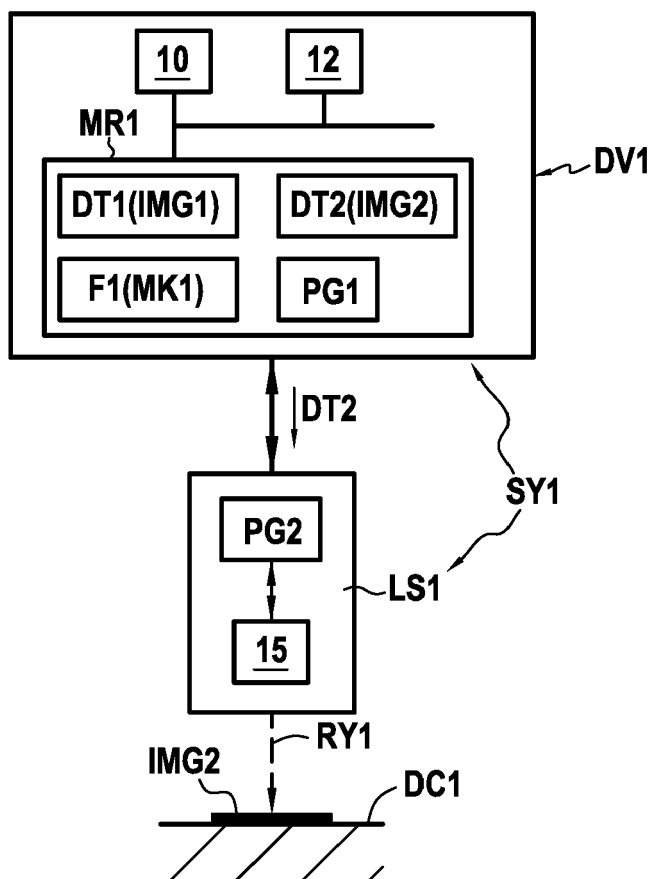


FIG. 5

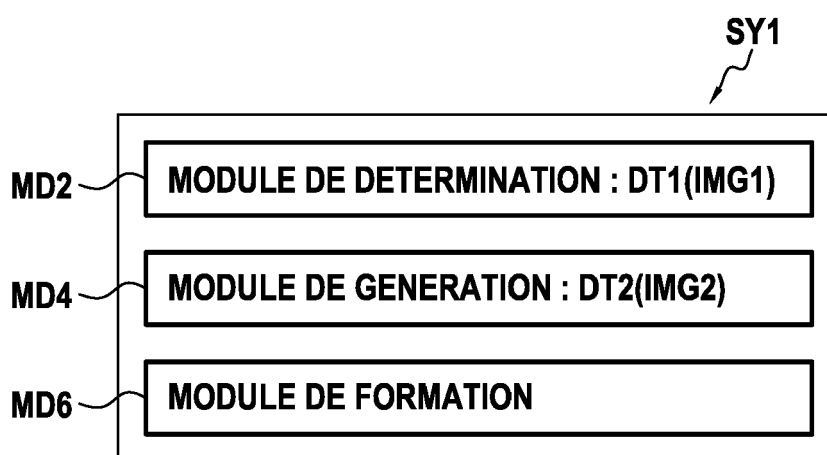


FIG. 6

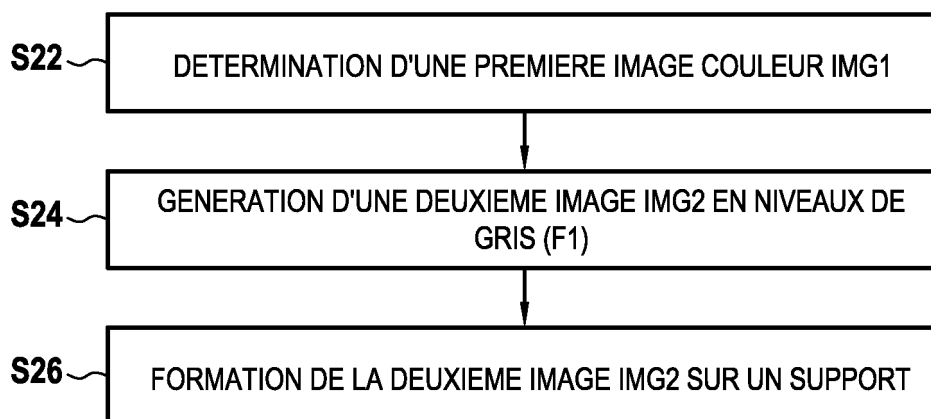


FIG. 7

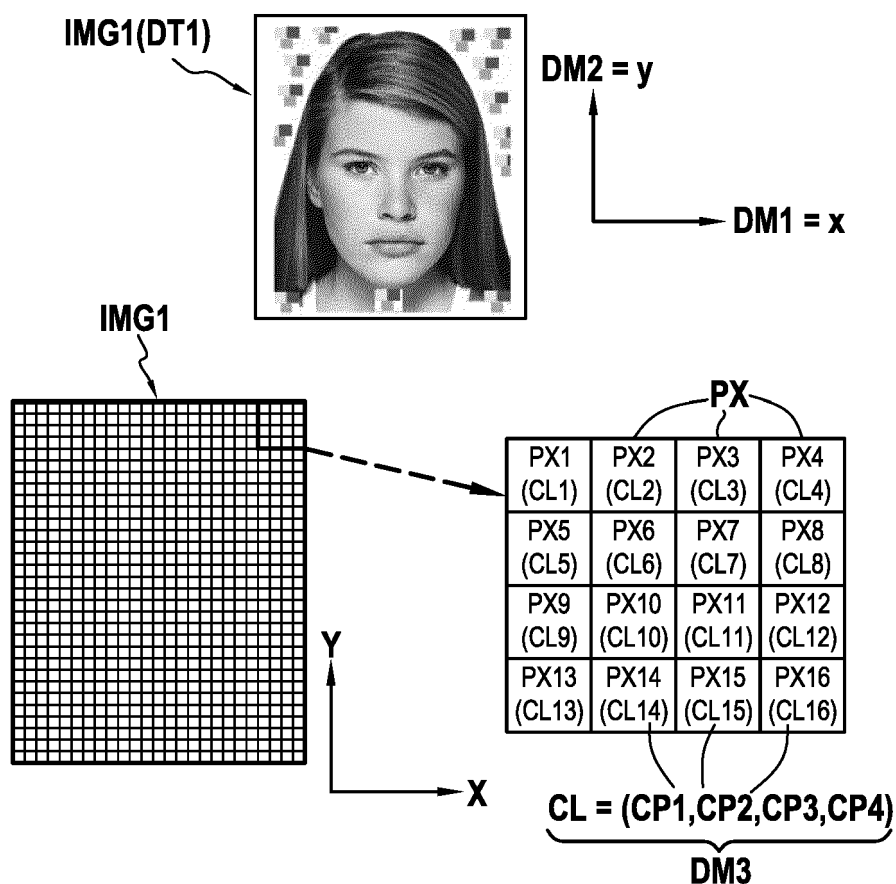
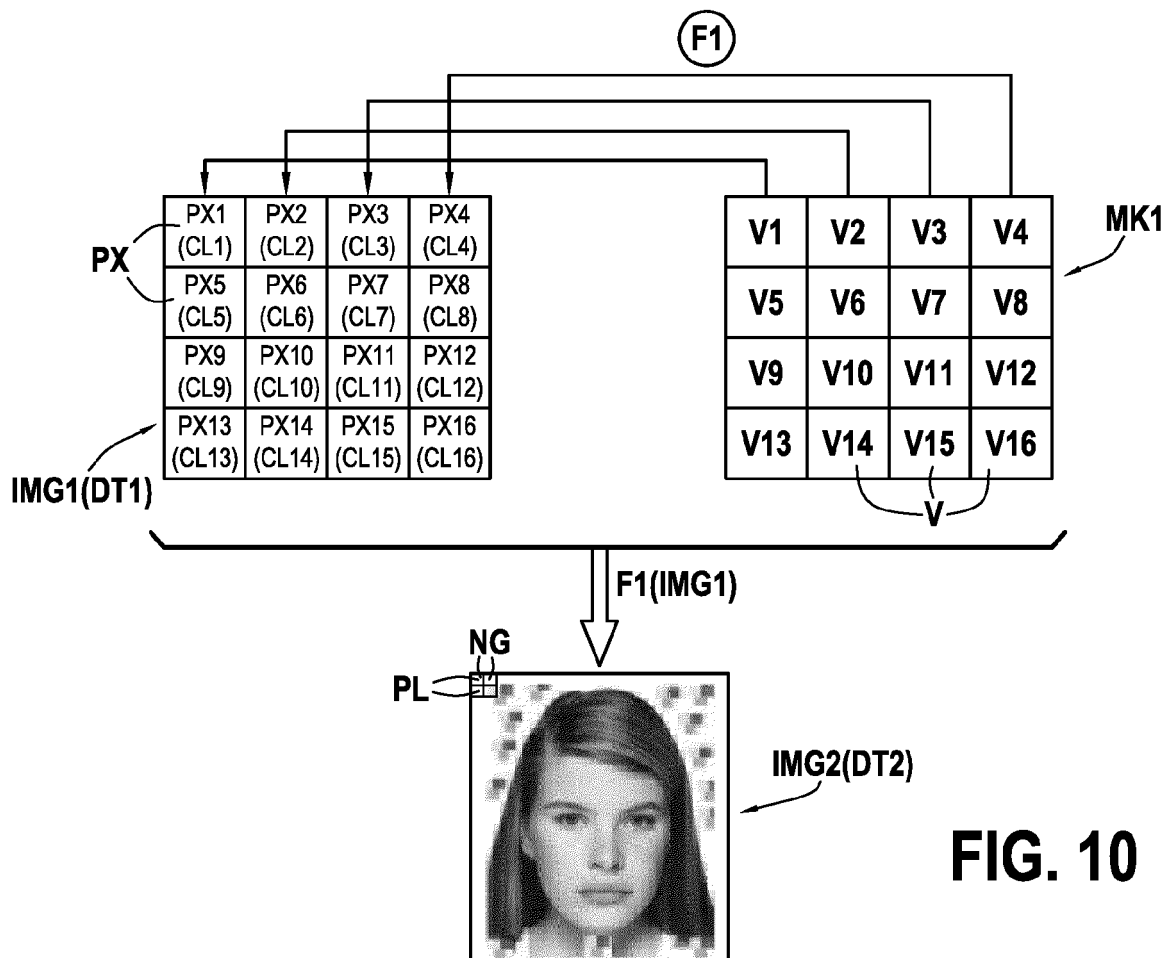
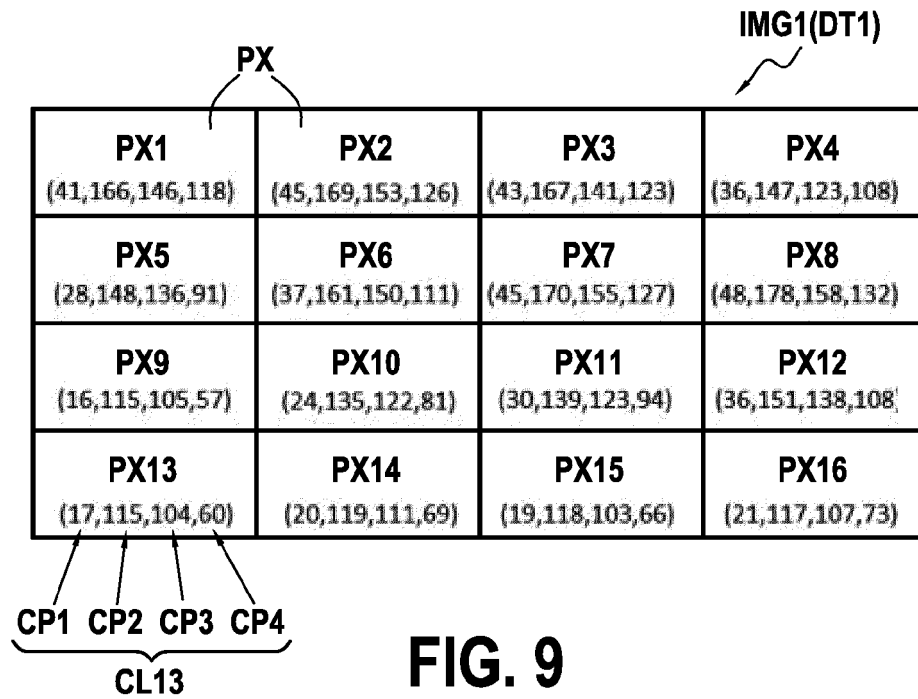


FIG. 8



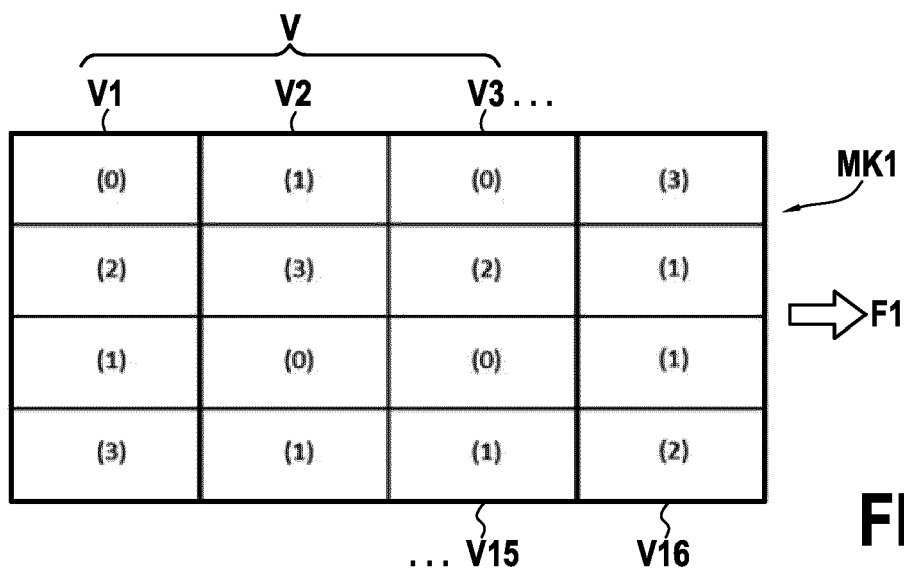


FIG. 11

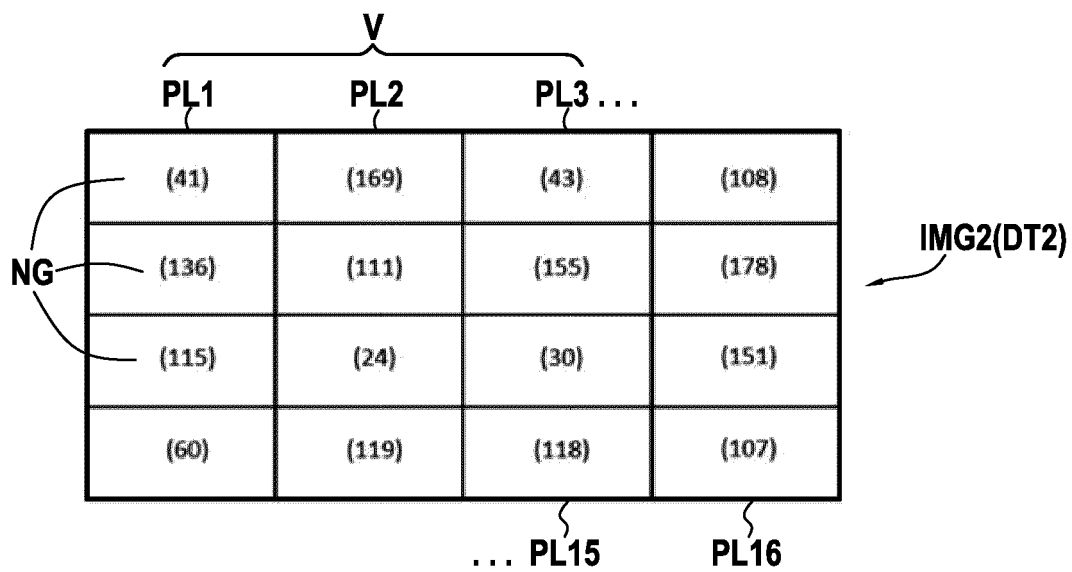
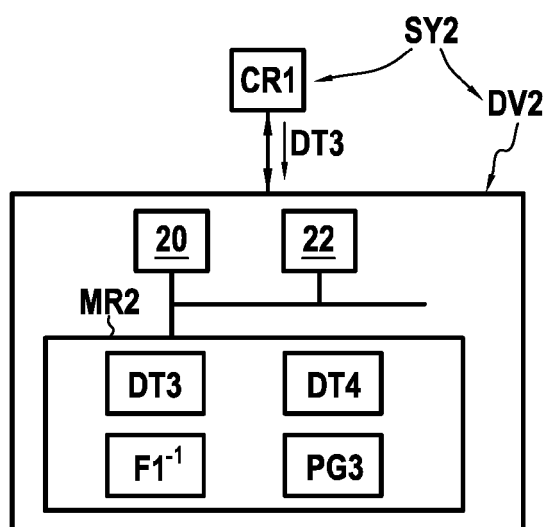
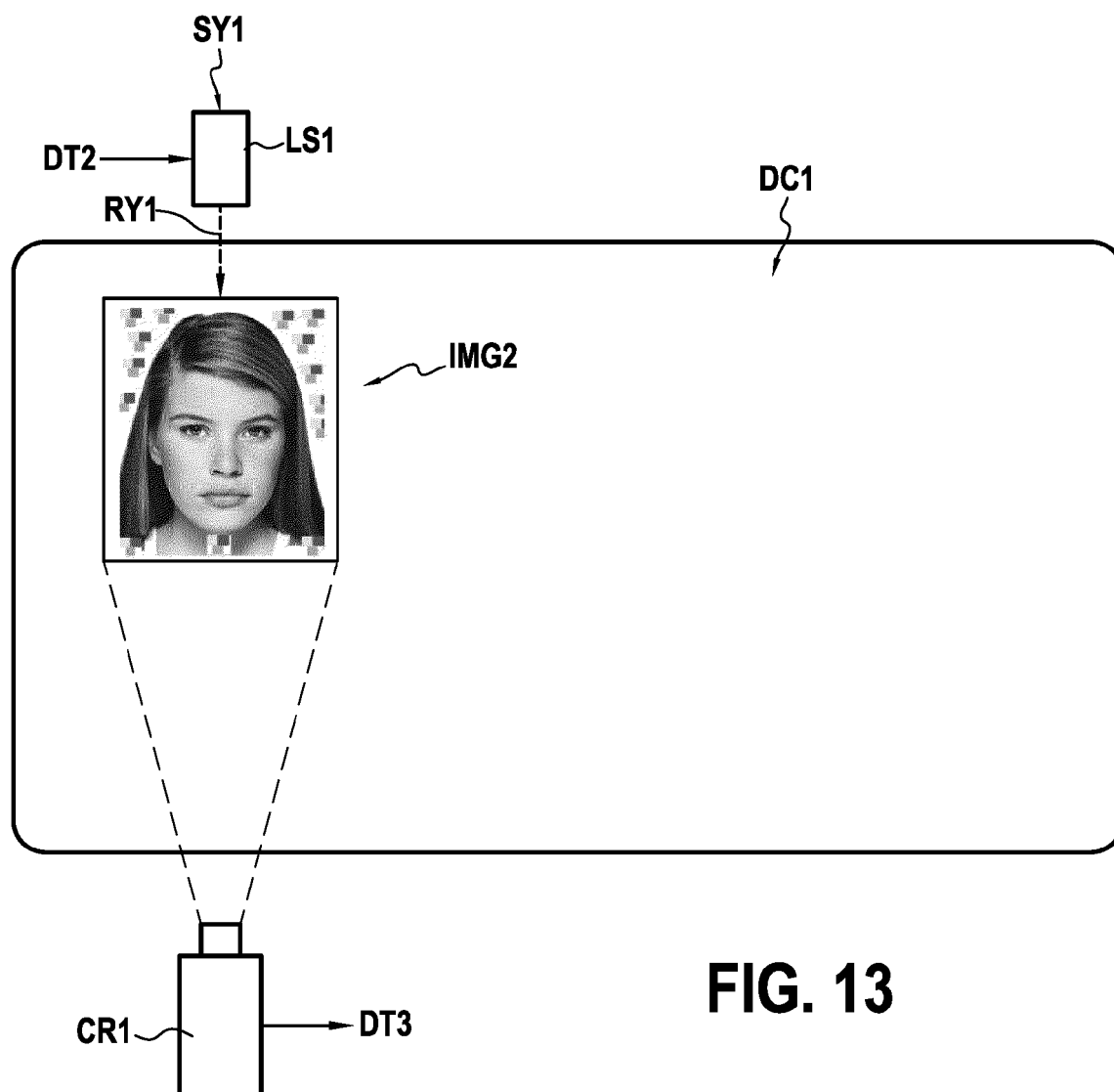


FIG. 12



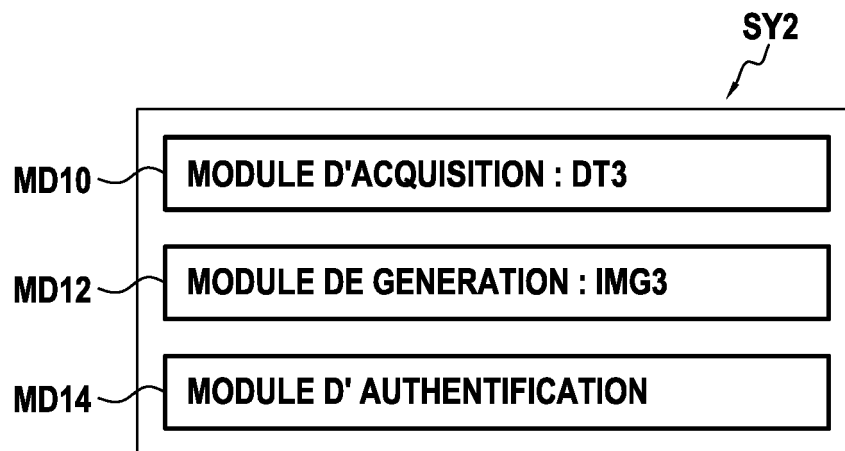


FIG. 15

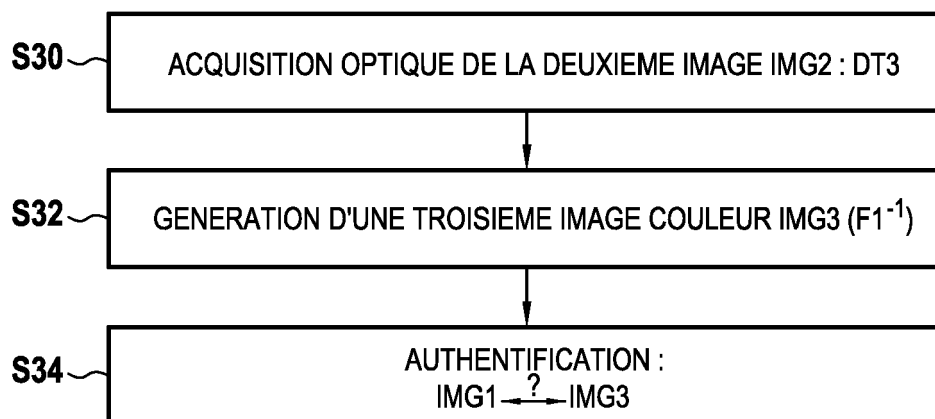


FIG. 16

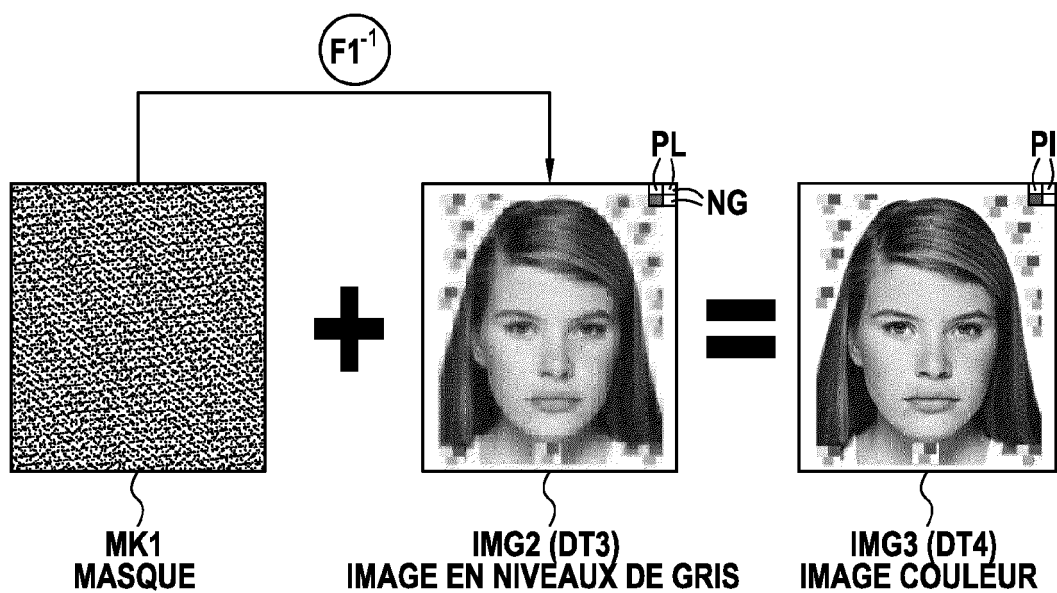


FIG. 17

PI			
PI1	PI2	PI3	
(41,CP2,CP3,CP4)	(CP1,169,CP3,CP4)	(43,CP2,CP3,CP4)	(CP1,CP2,CP3,108)
(CP1,CP2,136,CP4)	(CP1,CP2,CP3,111)	(CP1,CP2,155,CP4)	(CP1,178,CP3,CP4)
(CP1,115,CP3,CP4)	(24,CP2,CP3,CP4)	(30,CP2,CP3,CP4)	(CP1,151,CP3,CP4)
(CP1,CP2,CP3,60)	(CP1,119,CP3,CP4)	(CP1,118,CP3,CP4)	(CP1,CP2,107,CP4)
	PI15	PI16	

IMG3(DT4)

FIG. 18

PI1(CP1)		PI3(CP1)	
(41)		(43)	
	(24)	(30)	
	PI10(CP1)	PI11(CP1)	

DT4(CP1)

FIG. 19

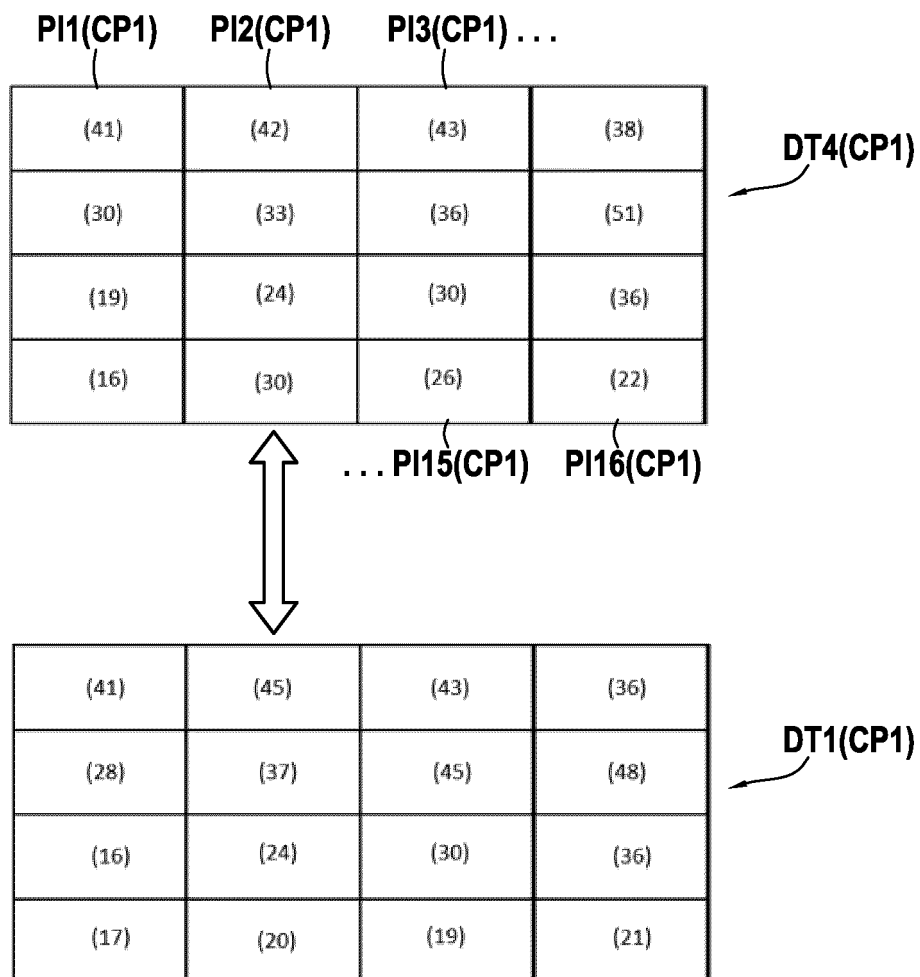
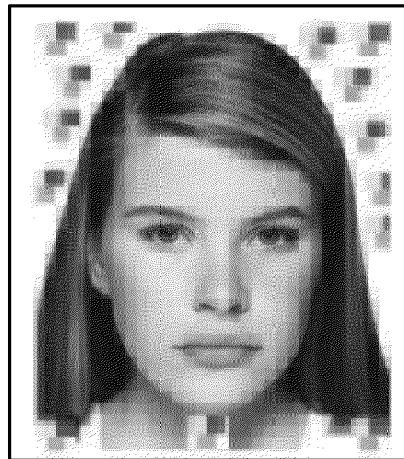
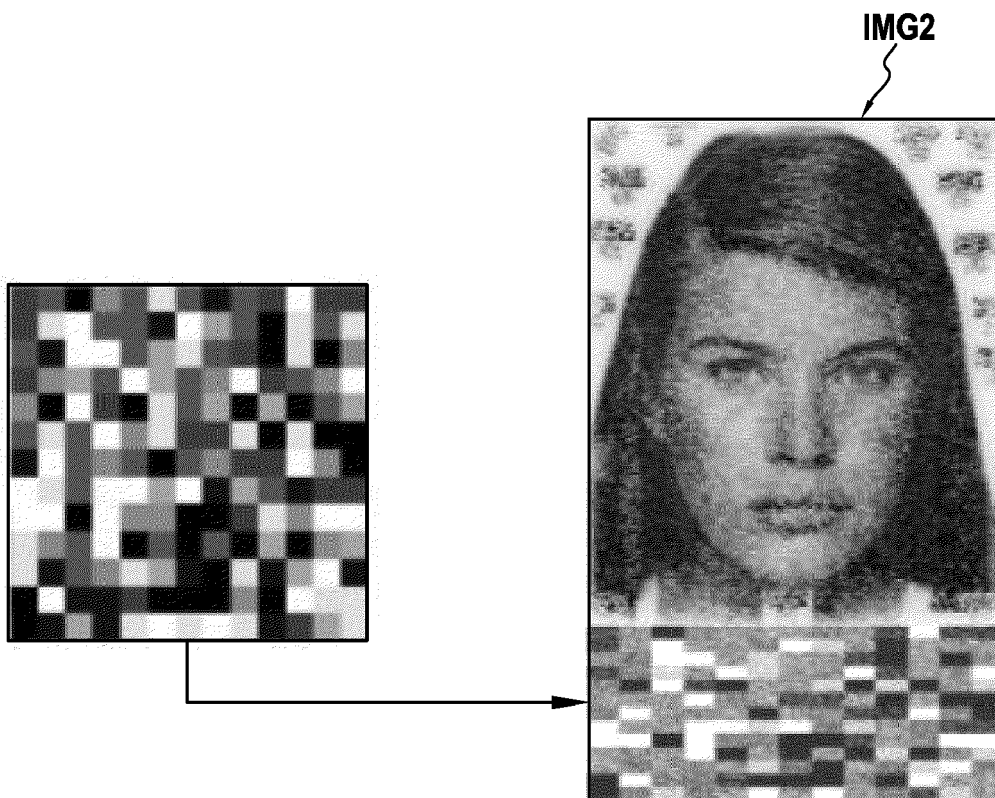


FIG. 20



IMG3(DT4)

FIG. 21



IMG2

FIG. 22

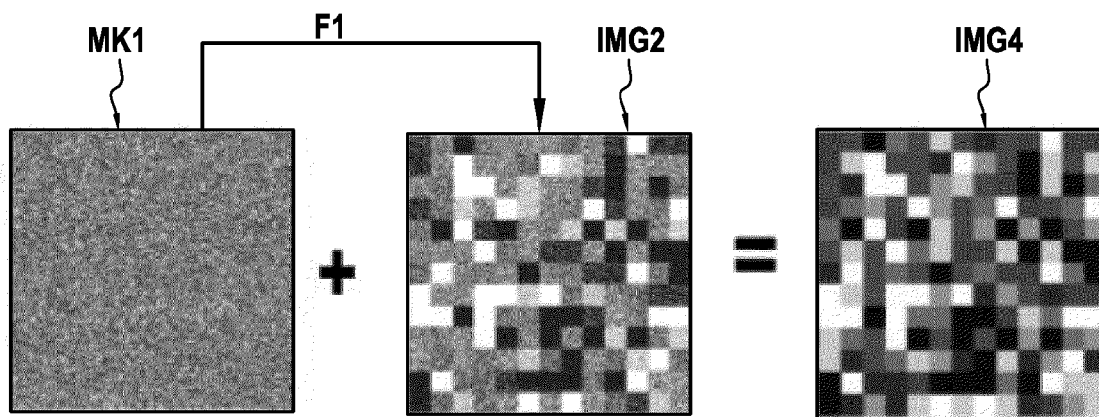


FIG. 23

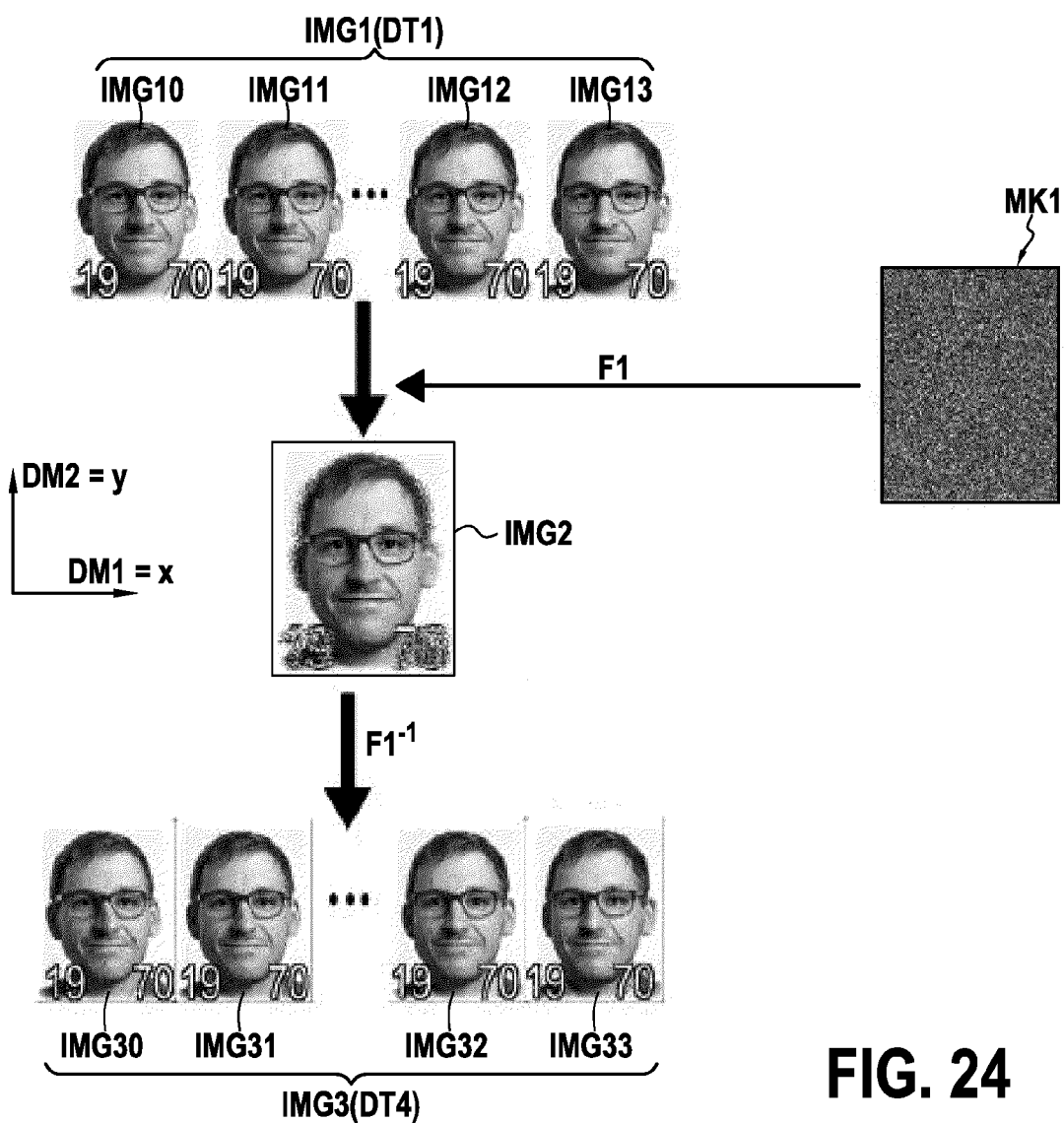


FIG. 24



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 21 17 0521

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 2008/260267 A1 (GOLDBERG DAVID [US] ET AL) 23 octobre 2008 (2008-10-23) * alinéa [0009] - alinéa [0013] * * alinéa [0026] - alinéa [0031] * * alinéa [0038] - alinéa [0042] * * figures 1,5 *	1-15	INV. G07D7/00 G07D7/12 G07D7/206 G07D7/004 G07D7/005
X	US 2014/183854 A1 (TIAN YIBIN [US] ET AL) 3 juillet 2014 (2014-07-03) * alinéa [0014] - alinéa [0023] * * figure 1 *	1-15	
X	US 2009/328143 A1 (MING WEI [US]) 31 décembre 2009 (2009-12-31) * alinéa [0025] - alinéa [0037] * * figures 1,2 *	1-15	
A	US 2005/184504 A1 (ALASIA ALFRED V [US] ET AL) 25 août 2005 (2005-08-25) * alinéa [0027] - alinéa [0032] * * alinéa [0091] *	1-15	
A	US 2015/053755 A1 (WOOD STEPHEN M [US] ET AL) 26 février 2015 (2015-02-26) * alinéa [0088] - alinéa [0090] * * figure 3 *	1-12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) G07D
A	US 2006/119876 A1 (KENNER MARTIN A [US]) 8 juin 2006 (2006-06-08) * alinéa [0002] - alinéa [0005] * * alinéa [0031] - alinéa [0032] * * figure 2A *	1-15	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 1 juillet 2021	Examineur Seifi, Mozhdeh
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 21 17 0521

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.
01-07-2021

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2008260267 A1	23-10-2008	US 7394573 B1 US 2008260267 A1	01-07-2008 23-10-2008
US 2014183854 A1	03-07-2014	CN 103914509 A JP 5934174 B2 JP 2014131278 A US 2014183854 A1	09-07-2014 15-06-2016 10-07-2014 03-07-2014
US 2009328143 A1	31-12-2009	JP 5718556 B2 JP 2010016816 A US 2009328143 A1	13-05-2015 21-01-2010 31-12-2009
US 2005184504 A1	25-08-2005	US 7114750 B1 US 2005184504 A1 US 2006119097 A1	03-10-2006 25-08-2005 08-06-2006
US 2015053755 A1	26-02-2015	EP 2724332 A2 US 2013022238 A1 US 2013284803 A1 US 2015053755 A1 WO 2012177845 A2	30-04-2014 24-01-2013 31-10-2013 26-02-2015 27-12-2012
US 2006119876 A1	08-06-2006	AR 051976 A1 AT 406636 T AU 2005310220 A1 BR PI0518774 A2 CA 2589350 A1 CN 101069216 A EP 1836688 A1 ES 2313440 T3 HK 1110421 A1 IL 183477 A JP 4468993 B2 JP 2008522318 A KR 20070086792 A NZ 555679 A RU 2382415 C2 TW 200636590 A US 2006119876 A1 US 2009310824 A1 WO 2006060090 A1 ZA 200705205 B	21-02-2007 15-09-2008 08-06-2006 09-12-2008 08-06-2006 07-11-2007 26-09-2007 01-03-2009 11-07-2008 30-11-2010 26-05-2010 26-06-2008 27-08-2007 27-08-2010 20-02-2010 16-10-2006 08-06-2006 17-12-2009 08-06-2006 30-09-2009

EPO FORM P0450

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82