



(11) **EP 2 261 867 A2**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
15.12.2010 Bulletin 2010/50

(51) Int Cl.:
G07D 7/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **10174049.6**

(22) Date de dépôt: **17.09.2001**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**

- **Meylan, Roland**
1009 Pully (CH)
- **Kutter, Martin**
1617 Remaufens (CH)

(30) Priorité: **20.09.2000 CH 18322000**

(62) Numéro(s) de document de la (des) demande(s)
initiale(s) en application de l'article 76 CBE:
01964793.2 / 1 319 219

(74) Mandataire: **Leman Consulting S.A.**
Chemin de Précossy 31
1260 Nyon (CH)

(71) Demandeur: **Alpvision S.A.**
CH-1800 Vevey (CH)

Remarques:

Cette demande a été déposée le 25-08-2010 comme
demande divisionnaire de la demande mentionnée
sous le code INID 62.

(72) Inventeurs:

- **Jordan, Frédéric**
1619 Les Paccots (CH)

(54) **Procédé destiné à prévenir la contrefaçon ou l'altération d'une surface imprimée ou gravée**

(57) L'invention décrit procédé destiné à prévenir la contrefaçon ou l'altération d'une surface imprimée ou gravée, caractérisé par l'incorporation d'une signature sous la forme d'un filigrane numérique dans une partie ou dans l'ensemble du document, et en particulier une technique de filigrane numérique permettant de cacher des informations invisibles par surimpression en utilisant

une technique dite de modulation d'amplitude asymétrique. Cette technique peut être appliquée à tout type de matériau imprimé comme du papier, des emballages ou toute autre surface. Des informations visibles peuvent également être imprimées par-dessus le filigrane. Par exemple, un document papier comportant ce filigrane permet de garantir son authenticité car une copie supprime la signature.

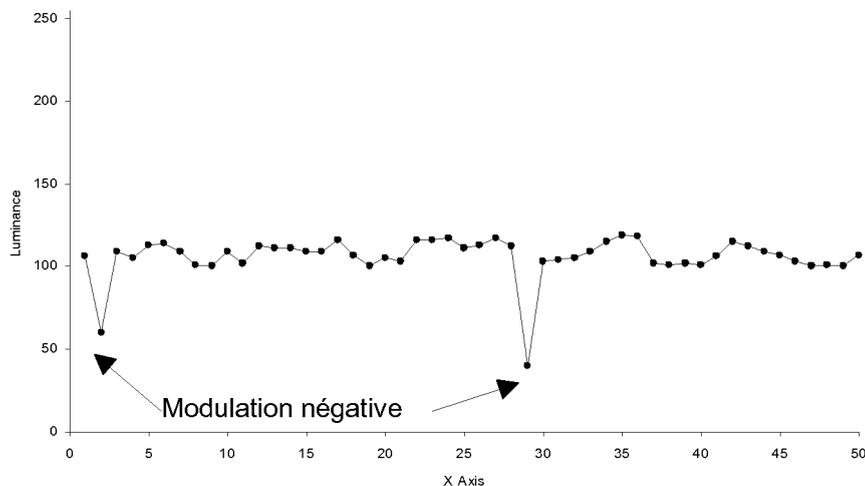


Figure 2

EP 2 261 867 A2

Description**Domaine technique**

5 **[0001]** La présente invention concerne un procédé destiné à prévenir la contrefaçon ou l'altération d'une surface imprimée ou gravée.

Etat de la technique

10 **[0002]** Les systèmes usuels destinés à prévenir la contrefaçon ou l'altération de documents imprimés ou gravés peuvent être classés en différents groupes:

- les hologrammes, les impressions de motifs spéciaux
- les impressions avec encres spéciales
- 15 • les codes utilisant des encres invisibles
- les systèmes à puce

[0003] Les hologrammes, motifs spéciaux et autres décorations sont difficiles à reproduire car leur réalisation nécessite un équipement spécial. Ils sont spécialement conçus pour interférer avec les systèmes de photocopie classique de telle sorte que la copie soit visiblement différente de l'original. Ces systèmes peuvent être contrôlés visuellement sans l'aide de dispositifs particuliers mais présentent l'inconvénient d'être coûteux, assez connus pour être reproduits sans problèmes par des experts en contrefaçon, et finalement leur visibilité nuit à l'esthétique de l'objet protégé (emballage de parfum par exemple). Leur visibilité est également la raison de leur efficacité limitée dans la mesure où un pirate peut facilement identifier l'élément de sécurité, soit pour le copier, soit pour l'effacer physiquement.

20 **[0004]** Les impressions avec encres spéciales utilisent des propriétés chimiques particulières de l'encre pour fournir une réaction déterminée à une action particulière. Ainsi, les encres fluorescentes deviennent très lumineuses quand elles sont éclairées par une longueur d'onde particulière, certaines encres sont même invisibles à la lumière naturelle, d'autres encres changent de couleur en fonction de leur orientation ou de leur température (et peuvent se révéler en chauffant le papier avec un doigt), etc. Les encres spéciales ont comme point commun d'être particulièrement coûteuses et de nécessiter d'opérer des modifications dans la chaîne de production industrielle habituelle (masque supplémentaire pour l'offset par exemple). De plus, bien que plus robuste à la contrefaçon que le groupe précédent, il est également possible de reproduire leurs effets dans la mesure où le pirate peut contrôler par lui-même la fidélité de sa copie par rapport à l'original dès qu'il dispose du dispositif faisant réagir l'encre.

25 **[0005]** Les codes utilisant des encres invisibles, à la différence des deux groupes précédents, permettent de cacher une information numérique. Ces codes peuvent être des caractères, des codes barres, des codes 2D, etc. En plus de son coût élevé et propre aux encres invisibles, ce système a deux inconvénients majeurs. D'une part, du fait de la nature des codes utilisés, il est localisé sur une certaine partie du document ou de l'emballage et il est donc possible de le détruire sans altérer la totalité de la surface. D'autre part, les codes utilisés ont toujours des particularités géométriques (barres, figures géométriques, caractères, etc) les identifiant clairement comme des dispositifs anti-copie. Cela facilite grandement la tâche du pirate cherchant à révéler et à reproduire l'encre. De plus dès que le pirate sait réaliser cette reproduction, il détient ipso facto le moyen de reproduire le code.

30 **[0006]** Finalement les systèmes basés sur des mémoires ou processeurs embarqués cumulent les inconvénients d'être très coûteux, inesthétiques et localisés. Leur application principale consiste plus à sécuriser une communication, ou à stocker dynamiquement une information plutôt qu'à distinguer un original d'une copie.

35 **[0007]** L'un des buts de la présente invention est de remédier aux inconvénients des procédés connus permettant de prévenir la contrefaçon ou l'altération de documents imprimés ou gravés par voie numérique.

[0008] A cet effet, la présente invention concerne un procédé destiné à prévenir la contrefaçon ou l'altération de documents imprimés ou gravés caractérisé par l'incorporation d'un filigrane numérique dans une partie ou dans l'ensemble du document.

40 **[0009]** La technique du filigrane numérique, également connue sous le nom de tatouage numérique, est une technique permettant de *cacher* des informations de manière *robuste et imperceptible* dans des données multimédia telles que la musique, la vidéo, les images, les documents, etc. L'information qui est cachée s'appelle la *signature*. Cette signature peut être par exemple un numéro, un nom ou même une image. Après la protection des données multimédia avec un filigrane numérique on parle d'image signée, de vidéo signée, etc.

45 **[0010]** Jusqu'ici, la technique du filigrane numérique n'a été utilisée que dans le but de retrouver la signature sur une éventuelle copie, pour prouver l'origine de l'information.

[0011] « Cacher » comporte un sens bien spécifique dans ce contexte : par exemple dans le cas d'une image, on changera légèrement la couleur de certains pixels, et dans le cas d'une musique on modifiera un peu le son de temps

à autre.

[0012] « Imperceptible » veut dire que les modifications introduites sont telles qu'un individu ne peut pas distinguer les données originales des données signées par ses propres sens. Par exemple, une image signée doit avoir exactement la même apparence qu'une image normale, une musique signée doit sembler tout à fait normale, de même pour une vidéo ou n'importe quelle autre donnée. Tout le problème consiste à faire en sorte qu'un ordinateur soit capable de détecter cette information cachée alors qu'elle échappe à nos sens. Il existe aussi des applications où un filigrane visible est acceptable voire même souhaitable. Cela permet notamment d'augmenter encore la robustesse et un contrôle visuel de la présence d'un filigrane. Le principe qui demeure est que le filigrane ne doit pas être dérangent visuellement.

[0013] La « robustesse » d'un filigrane signifie que l'on doit pouvoir retrouver la signature après n'importe quelle manipulation de données signées. Prenons par exemple le cas d'une image signée : on doit pouvoir la compresser, l'imprimer, la scanner ou la tourner sans jamais perdre la signature.

[0014] De nombreuses publications ont été faites sur les différentes techniques permettant de cacher un filigrane dans une image, dans une vidéo ou un signal audio. En ce qui concerne les images, ces dernières peuvent se classer en fonction de la technique utilisée pour le marquage : certaines opèrent des modifications directement dans le domaine spatial (voir par exemple [1] M. Kutter, F. Jordan, F. Bossen, "Digital watermarking of color images using amplitude modulation", Journal of Electronic Imaging, vol. 7, n° 2, pp. 326-332, April 1998.), d'autres opèrent ces modifications dans un domaine transformé (par exemple le domaine fréquentiel) voire des domaines intermédiaires comme les ondelettes (voir [2] Shelby Pereira, Sviatoslav Voloshynovskiy and Thierry Pun, Optimized wavelet domain watermark embedding strategy using linear programming, In Harold H. Szu and Marty Vetterli eds., Wavelet Applications VII (part of SPIE AeroSense 2000), Orlando, Florida USA, April 26-28 2000.).

[0015] Ces techniques peuvent également être utilisées pour le marquage de vidéo, moyennant certaines adaptations. D'autres techniques spécifiquement dédiées au marquage de vidéo sont aussi possibles en définissant de nouveaux domaines transformés comme les sous-bandes 3D ou les vecteurs de mouvements (par exemple, voir [3] brevet US 5,960,081, Video watermarking using motion vectors et [4] demande de brevet EP 0762417 A2, Video watermarking in the compressed domain).

[0016] Comme on l'a déjà mentionné, la technique du filigrane numérique a été jusqu'ici utilisée dans le but de retrouver la signature sur une éventuelle copie pour prouver l'origine des informations présentes sur la copie, grâce à la présence du filigrane que l'on retrouve sur la copie. Ceci impliquait dans tous les cas l'utilisation d'un filigrane robuste.

[0017] Dans le procédé de la présente invention, le but de l'incorporation du filigrane numérique sur la surface est différent, puisque sa présence est destinée à prévenir l'authentification ou l'altération de la surface concernée, c'est-à-dire de permettre d'apporter la preuve qu'il s'agit de la surface authentique si le filigrane est présent ou qu'il s'agit d'une copie ou que la surface a été altérée si le filigrane est absent. Dans le cas où le filigrane est incorporé à des fins d'authentification de la surface par rapport à des copies, la robustesse du filigrane doit être réduite de façon qu'une copie de la surface se traduise alors par un échec de la lecture du filigrane numérique. On parle alors de filigrane "fragile". Un exemple typique d'application consiste à empêcher la contrefaçon de papiers-valeurs comme les billets de banque. Dans le cas où le filigrane est incorporé afin d'éviter l'altération de tout ou partie de la surface, le filigrane peut être robuste ou fragile.

[0018] La présente invention réunit simultanément un ensemble de caractéristiques présentes seulement de manière isolée dans les systèmes connus destinés à prévenir la contrefaçon ou l'altération de documents imprimés ou gravés mentionnés plus haut :

- Invisibilité

Le filigrane est imprimé en utilisant des couleurs et des résolutions imperceptibles à l'oeil nu. Cela permet donc de protéger par exemple un emballage sans que son graphisme en soit altéré, ce qui est important pour des raisons marketing.

- Non localité

Le filigrane peut recouvrir la totalité de la surface d'un document imprimé. Il n'est donc pas possible de l'effacer sans altérer le document, par exemple en grattant la surface. En pratique, cette propriété permet par exemple d'éviter les marchés gris, c'est à dire les produits revendus par des distributeurs non autorisés. En effet, ces derniers effacent parfois le code (code 2D invisible par exemple) identifiant leur revendeur en « fraisant » la surface de l'emballage où le code est imprimé.

- Prix

Le filigrane est imprimé en utilisant des systèmes d'impression traditionnels. En ce qui concerne l'impression industrielle (offset, etc), il s'intègre totalement dans la chaîne de production et n'induit aucun coût supplémentaire. En ce qui concerne l'impression personnelle (jet d'encre, laser, etc), il est totalement compatible avec les imprimantes du commerce. Dans les deux cas, la lecture se fait avec un scanner digital standard. Ce faible prix ouvre des marchés nouveaux : d'une part en ce qui concerne l'impression industrielle, les emballages de produits de luxe ou pharmaceutiques, ainsi que les certificats, les chèques, les billets d'entrées, etc. D'autre part pour l'impression personnelle,

il permet à n'importe qui possédant un équipement standard de créer et vérifier des documents sécurisés et personnalisés. Par exemple un médecin peut cacher le nom des médicaments prescrits dans le papier utilisé pour imprimer son ordonnance. Il est possible de programmer une imprimante pour qu'elle cache un filigrane dans tout document imprimé permettant ainsi d'identifier plus tard la date de l'impression, le nom de l'utilisateur, etc.

- 5 • Stockage d'information
En plus d'authentifier l'original, le filigrane contient une information numérique (typiquement de plusieurs dizaines de bits par centimètres carrés) qui est encodée ou retrouvée à l'aide d'une clé. En pratique ce stockage permet par exemple de sécuriser une information imprimée en texte visible (donc susceptible d'être modifiée). En effet il est alors possible d'encoder la même information dans le filigrane et donc de pouvoir détecter toute modification dans le texte du document (date, montant, identité, etc.). Une application concerne les contrats dont on veut s'assurer de la date d'émission. Un autre exemple avec les billets de banque : le numéro de série peut être caché dans chaque billet, ainsi il est impossible de créer des faux billets avec des numéros différents car il faudrait pouvoir générer à chaque fois le filigrane correspondant.
- 10 • Système de lecture et d'écriture à clé
Afin de pouvoir créer et lire le filigrane, il faut utiliser la même clé. En contrôlant l'accès aux clés, on peut donc contrôler quand et par qui chaque filigrane est créé ou lu, ce qui est essentiel : en effet cela complique beaucoup le piratage consistant à créer un nouveau filigrane (le plus simple restant de copier un filigrane existant). D'autre part le pirate sera dans l'incapacité de vérifier qu'un filigrane a été copié avec succès (car pour le lire, il est nécessaire de connaître la clé utilisée pour le cacher). La sécurité offerte par ce système de clé est donc supérieure à celle d'une information imprimée par exemple avec une encre invisible et révélée par ultraviolet, où le pirate peut aisément vérifier et donc améliorer l'encre qu'il contrefait.
- 15 • Difficile à identifier visuellement
Même en utilisant des dispositifs (filtres, microscopes) particuliers, il est difficile d'identifier la présence d'un filigrane car son aspect visuel se rapproche de celui du grain du papier. Il n'a pas de caractéristique géométrique simple et n'a de sens que pour le programme de détection et muni de la bonne clé. Pour tous les papiers de valeur qui font l'objet d'une analyse fine de la part des pirates, cette qualité est primordiale.
- 20 • Difficile à copier
L'utilisation combinée de certaines couleurs (jaune sur fond blanc par exemple) et de hautes résolutions d'impression (1200 dpi par exemple) permet d'obtenir un filigrane difficile ou impossible à reproduire sur un équipement de copie classique.

35 **[0019]** Les méthodes qui sont entièrement réalisées dans le domaine digital cachent généralement le filigrane en augmentant et en diminuant l'intensité des couleurs de certains points, ce qui signifie que certains pixels sont éclaircis alors que d'autres sont assombris, comme illustré sur la Figure 1 : le graphe montre la variation de luminance des pixels d'une image en fonction de leur position X et pour une position Y identique. Les quatre pics illustrent l'effet d'une modulation symétrique de ce signal obtenue en augmentant ou en diminuant localement son intensité.

[0020] Il est cependant certains cas où une modulation symétrique est impossible à réaliser, soit pour des raisons mathématiques (image à signer entièrement blanche ou noire) ou pratiques (liée à la technique d'impression).

40 **[0021]** La présente invention propose de moduler asymétriquement la couleur des pixels. La Figure 2 donne un exemple de modulation asymétrique obtenue en assombrissant la couleur de certains pixels. Cette modulation peut alors être positive ou négative selon que de la couleur est ajoutée ou retirée. Le graphe de la figure montre la variation de luminance des pixels d'une image en fonction de leur position X et pour une position Y identique. Les deux pics illustrent l'effet d'une modulation asymétrique de ce signal obtenue en diminuant uniquement son intensité. La Figure 3 donne quelques exemples d'images de filigrane numériques.

45 **[0022]** Ainsi, un autre objet de la présente invention est de proposer un procédé pour cacher et/ou retrouver un filigrane numérique, caractérisé par l'utilisation d'une modulation asymétrique de l'amplitude d'une composante lumineuse visible ou invisible.

50 **Description détaillée de l'invention**

[0023] La description qui suit, donnée à titre d'exemple, se réfère au dessin annexé sur lequel:

- la Figure 1 illustre un exemple de modulation symétrique;
- la Figure 2 illustre un exemple de modulation asymétrique;
- 55 - la Figure 3 illustre des exemples de filigranes asymétriques;
- la Figure 4 illustre la mise en oeuvre du procédé intégré avec une technique d'impression offset standard;
- la Figure 5 illustre la mise en oeuvre du procédé avec une étape d'impression offset séparée;
- la Figure 6 illustre la mise en oeuvre du procédé avec une étape d'impression offset séparée;

- la Figure 7 illustre la mise en oeuvre du procédé avec une imprimante à jet d'encre;
- la Figure 8 est un schéma bloc du procédé de signature d'un matériau en trois étapes;
- la Figure 9 est un schéma bloc du procédé de lecture d'une image uniforme signée en trois étapes; et
- la Figure 10 est un schéma bloc du procédé de lecture d'une image non-uniforme signée en trois étapes.

5

[0024] Un exemple de modulation symétrique est illustré à la Figure 1. Le graphe montre la variation de luminance des pixels d'une image en fonction de leur position X et pour une position Y identique. Les quatre pics illustrent l'effet d'une modulation symétrique de ce signal obtenue en augmentant ou en diminuant localement son intensité.

10

[0025] Un exemple de modulation asymétrique est illustré à la Figure 2. Le graphe montre la variation de luminance des pixels d'une image en fonction de leur position X et pour une position Y identique. Les deux pics illustrent l'effet d'une modulation asymétrique de ce signal obtenue en diminuant uniquement son intensité.

Impression du filigrane

15

[0026] Différentes stratégies sont envisageables pour imprimer un filigrane à modulation asymétrique, selon qu'il est positif ou négatif. De plus, il est possible de choisir soit une impression *séparée*, soit une impression *simultanée* à l'impression d'un autre motif visuel (fond, texte ou graphique).

20

[0027] Une manière d'obtenir une modulation asymétrique positive consiste à utiliser une technique de surimpression en imprimant le filigrane par-dessus les couleurs propres du matériau et autres informations déjà imprimées et donc sans tenir compte des variations locales des couleurs à la surface de ce matériau. Cette approche impose que les valeurs des composantes de couleur du matériau ne peuvent qu'être assombries lors de la signature puisque de l'encre supplémentaire est ajoutée. Mathématiquement, cela correspond à une modulation asymétrique positive de la couleur des points. Dans son principe, cette approche peut être appliquée à n'importe quel procédé d'impression. Certaines spécificités de l'impression du filigrane peuvent dépendre du procédé d'impression. Les cas particuliers de l'impression de type offset et jet d'encre pour la réalisation d'une modulation positive sont détaillés ci-dessous.

25

30

[0028] La Figure 4 illustre la mise en oeuvre du procédé ci-dessus utilisant une modulation positive avec une technique d'impression industrielle de type offset dans le cas d'une impression simultanée du filigrane. Dans cet exemple, une impression quadrichromie 45 est réalisée (par exemple pour un emballage 40) ce qui signifie que quatre couleurs d'encre différentes sont utilisées pour chacun des masques jaune 41, cyan 42, magenta 43 et noir 44. Le filigrane numérique pouvant comporter une couleur unique, il est en général souhaitable d'utiliser pour le filigrane une des couleurs déjà sélectionnées pour l'impression standard. La Figure 4 montre comment les différents masques peuvent alors être appliqués. Dans ce cas, l'impression du filigrane s'intègre totalement dans la chaîne d'impression industrielle standard et n'induit donc aucun coût supplémentaire. Par exemple, le masque jaune peut être utilisé simultanément pour deux choses différentes : d'une part il contient la composante jaune de l'image à imprimer et d'autre part il contient l'image du filigrane. Les outils informatiques utilisés lors du *flashage* du film offset permettent de réaliser facilement cette intégration.

35

40

[0029] Une autre alternative possible consiste à utiliser un masque *séparé* pour le filigrane comme illustré sur la Figure 5. Dans ce cas, le filigrane est surimprimé lors d'une étape supplémentaire avec un masque et éventuellement une encre qui lui est propre (ici le magenta). Le masque 51 définit alors les points du filigrane qui sont imprimés par-dessus le matériau préalablement imprimé 50. Cette méthode, bien que plus coûteuse à mettre en oeuvre par l'imprimeur, présente l'avantage de pouvoir aisément changer le filigrane lors de la production. Cela permet par exemple d'appliquer un filigrane identifiant différents pays de vente à une série d'emballages identiques. Il est à noter que lorsque des encres de type non couvrantes sont utilisées, il est également possible d'imprimer l'image finale par-dessus le filigrane digital, comme illustré sur la Figure 6. Dans ce cas, c'est le procédé inverse qui est utilisé, le filigrane étant préalablement imprimé 60 sur le matériau, l'image finale étant surimprimée lors d'une étape supplémentaire. Les masques jaune 61, cyan 62, magenta 63 et noir 64 sont utilisés pour surimprimer le motif. L'encre étant transparente, le filigrane 60 situé sous le motif peut encore être détecté dans le résultat final 65.

45

50

55

[0030] Un autre procédé d'impression utilisable est de type jet d'encre comme illustré par la Figure 7. L'illustration montre un exemple de système d'impression à jet d'encre utilisant quatre couleurs, jaune 71, cyan 72, magenta 73 et noir 74, leurs têtes d'impression 75 et le matériau imprimé 70. Le filigrane est surimprimé sur le matériau. La mise en oeuvre d'une imprimante à jet d'encre pour l'impression d'un filigrane est particulièrement simple dans la mesure où la grande majorité des pilotes d'imprimantes gèrent automatiquement le mélange des couleurs permettant d'obtenir une teinte particulière. L'étape de décomposition quadrichromique est donc le plus souvent inutile. Il faut cependant noter que, dépendant des pilotes et des imprimantes, il peut parfois être souhaitable de choisir une couleur de filigrane correspondant à des couleurs fondamentales de l'imprimante, ceci afin d'éviter d'obtenir des couleurs tramées ou des problèmes d'alignement entre des points de différentes couleurs. Comme avec l'impression offset, l'impression du filigrane peut être *simultanée* avec les informations ou motifs destinés à être imprimés normalement. Il est également possible d'imprimer le filigrane *séparément*, par-dessus ou par-dessous le motif final. En particulier, du texte peut être

surimprimé sur le matériau signé lui-même, ce texte pouvant éventuellement être lié au filigrane. Par exemple, les chiffres clés d'un contrat peuvent ainsi être cachés dans le filigrane du papier et permettre ainsi d'en garantir l'intégrité.

[0031] La réalisation d'une modulation négative peut être réalisée lors d'une impression *simultanée* en suivant le même principe que décrit précédemment car il est toujours possible de soustraire de la couleur au niveau du fichier électronique: sur le motif à imprimer, les points correspondant au filigrane sont alors éclaircis. Pour réaliser une impression *séparée* avec une modulation négative, il est par contre nécessaire d'utiliser une encre particulière : par exemple, dans le cas d'une encre visible, une solution consiste à utiliser une encre de type *couvrante*. La synthèse de différentes possibilités d'impression du filigrane est présentée dans le tableau ci-dessous :

	Impression simultanée	Impression séparée
Modulation asymétrique positive	Possible	Possible <i>par surimpression ou sousimpression</i>
Modulation	Possible	Possible

Paramètres contrôlant la visibilité du filigrane

[0032] Quels que soit le type de modulation ou d'impression choisis, la visibilité finale du filigrane ainsi que sa fragilité à la duplication est contrôlée par un ensemble commun de paramètres :

- Taille des points : il s'agit du diamètre des points du filigrane obtenus après impression. La taille minimale des points est fixée par la technologie d'impression. Des valeurs entre 300 et 1200 points par pouces sont courantes. Plus la taille des points est petites, moins le filigrane est visible.
- Couleur des points : En fonction de la couleur, de la texture et des motifs éventuels appliqués au matériaux, certaines couleurs peuvent être plus ou moins visibles. Par exemple, il est usuel d'utiliser une couleur jaune pour des fonds blancs (modulation positive séparée ou simultanée).
- Densité du filigrane : Cette dernière définit le ratio entre le nombre de points imprimés par unité de surface (mesurée également en points). Des valeurs typiques de 0.02 ou moins peuvent être utilisées. Une taille de point très fine permet d'augmenter la densité du filigrane.
- Quantité d'encre : Lorsque le procédé d'impression le permet, il est intéressant de jouer sur la quantité d'encre utilisée pour imprimer chaque point.
- Tramage : La technique de tramage (demi-teintes) permet de reproduire n'importe quelle couleur à partir des différentes couleurs fondamentales. Il est alors préférable que la taille du tramage soit suffisamment fine par rapport à la taille des points.
- Type d'encre : Des substances non visibles peuvent également être utilisées.

[0033] L'influence de certains de ces paramètres est illustrée sur la Figure 3. Le filigrane 1 est visible. La visibilité plus faible du filigrane 2 est obtenue en diminuant simultanément la densité et la taille des points. Le filigrane 3 comporte en plus un éclaircissement.

Lecture du filigrane

[0034] La difficulté principale réside dans la capacité à retrouver le filigrane asymétrique. D'une manière générale, la majorité des techniques de tatouage peuvent extraire l'information de l'image signée sans utiliser l'image originale. Certaines techniques réalisent d'abord une prédiction de ce qu'était l'image originale à partir de l'image signée et peuvent ensuite en déduire quelle est la signature. Cette technique est encore applicable dans le cas présent. Dans le cas où le matériau possède une couleur initiale uniforme et connue, il est possible de supprimer cette prédiction. C'est en particulier le cas d'une feuille de papier blanc. Cela permet d'augmenter la fiabilité de la détection et donc de diminuer la visibilité du filigrane jusqu'à l'extrême limite de sensibilité d'un scanner optique. En conséquence, cela rend très difficile la duplication du matériau signé, par exemple par photocopie : en effet, les pertes propres à tout système de reproduction affaiblissent en général cette signature au-dessous du seuil de détectabilité. Une application consiste à inclure un tel filigrane sur des papiers dont on souhaite éviter la copie, comme des billets de banque par exemple.

[0035] Afin d'augmenter la fiabilité de la détection, il est également possible de coder la signature en utilisant la différence entre des paires de pixels et de calculer ensuite la moyenne de ces différences. D'un point de vue statistique, cela augmentera la corrélation de la détection avec pour résultat une signature plus fiable.

Réalisation de l'invention

[0036] Une mode de réalisation de l'invention consiste à utiliser comme base un algorithme de filigrane numérique de type spatial à modulation symétrique d'amplitude, comme par exemple celui décrit dans [1]. On parle de modulation *symétrique* d'amplitude d'un signal lorsque la valeur du signal est augmentée en certains points et diminuées en d'autres points. Dans cette technique, une composante de couleur d'un ensemble de pixels $c(k)$ est modifiée d'une valeur v correspondant à l'amplitude de la modulation et en fonction du signe du bit $b=\{-1,1\}$ à cacher ainsi que d'un générateur aléatoire $a(k)$ défini par une clé et donnant deux valeurs $\{-1,1\}$.

$$c(k)' = c(k) + v.b.a(k) \quad (1)$$

[0037] Dans l'équation (1), l'ensemble des points défini par $v.b.a(k)$ constitue le filigrane (Figure 8, étape 84) qui est ajouté à l'image originale $c(k)$ pour donner l'image signée $c(k)'$. C'est cette dernière qui est alors imprimée selon la présente invention.

[0038] Dans le cas d'une modulation asymétrique positive (filigrane en surimpression par exemple), ce n'est plus l'image $c(k)'$ mais le filigrane lui-même $v.b.a(k)$ qui est imprimé par-dessus une image $c(k)$. En effet, la composante c du support (bleu, luminance, etc...) a déjà une valeur initiale $o(k)$ et ne peut qu'être augmentée lors de la surimpression. La formule suivante est alors appliquée :

$$\text{Si } b.a(k) > 0 \text{ alors } c(k)' = o(k) + v.b.a(k) \text{ sinon } c(k)' = o(k) \quad (2)$$

[0039] La Figure 8 donne un schéma bloc du procédé complet : l'ensemble des points constituant le filigrane 85 est calculé 84 à partir de la valeur du bit à cacher 81 et de la clé 82 définissant la séquence aléatoire $a(k)$. La valeur des points étant positives ou négatives, comme défini par l'équation (1). L'équation (2) est équivalente à sélectionner 86 les valeurs du filigrane 85 en ne conservant que les valeurs positives puis à ajouter 88 ces valeurs 87 à l'image à signer 83 pour obtenir l'image signée 89. Par comparaison avec la formule (1) correspondant à une modulation symétrique de l'amplitude selon le signe de $b.a(k)$, cette technique est qualifiée de « modulation asymétrique d'amplitude ». De plus, le signe de la modulation $b.a(k)$ étant positif, la modulation est dite positive.

[0040] Dans le cas où le filigrane est réalisé par une impression simultanée, le procédé peut encore être amélioré en opérant de manière à ce que le filigrane domine sur les valeurs du masque original. Mathématiquement, ce concept se formalise de la manière suivante :

$$c(k)' = 0 \text{ si } b.a(k) < 0$$

$$c(k)' = M \text{ sinon}$$

où M est la valeur maximum autorisée par le masque, c'est-à-dire la valeur correspondant à la couleur du document avant signature. L'équation montre clairement la modulation positive par rapport à zéro et illustre également le fait qu'aux positions où le filigrane est caché, l'image sous-jacente n'est pas prise en compte (domination du filigrane sur les valeurs originales). Ce procédé présente l'avantage que le nombre effectif de points contribuant au filigrane augmente, pouvant atteindre un facteur 2 dans le meilleur cas.

[0041] Il est également possible d'obtenir une modulation négative en imprimant une couleur uniforme u « percée » par le filigrane. L'équation (2) devient alors :

$$\text{Si } b.a(k) < 0 \text{ alors } c(k)' = o(k) + u - v.b.a(k) \text{ sinon } c(k)' = o(k) \quad (3)$$

[0042] Dans tous les cas (modulation asymétrique positive ou négative), si le générateur aléatoire $a(k)$ génère le même nombre de valeurs positives et négatives, il en résulte que, statistiquement, la moitié des pixels $c(k)$ est modifiée.

Si la valeur de v est choisie suffisamment faible et que la finesse d'impression est suffisamment haute, l'impression de ces points peut être faite de manière invisible.

[0043] La nouvelle valeur des points $c(k)$ peut être mesurée sur la feuille imprimée en utilisant un scanner optique. Deux cas se présentent alors selon que la couleur du matériau est uniforme et connue ou non.

[0044] Dans le premier cas, l'information b est alors aisément retrouvée dans la mesure où $o(k)=\text{Constante}$, v et $a(k)$ sont tous connus par avance. La multiplicité des points modifiés crée une redondance permettant d'assurer la robustesse de la technique au bruit par corrélation statistique. La Figure 9 est un schéma bloc décrivant le procédé : l'image signée obtenue par scanner est soustraite de l'image originale afin de restituer le filigrane. Le bit constituant la signature est alors calculé. optionnellement, une étape supplémentaire de filtrage peut-être réalisée si des informations visibles ont été imprimées par dessus l'image uniforme signée. L'image signée 91 est préalablement filtrée 92 afin d'éliminer d'éventuels bruits (rayures, salissures, texte imprimé par dessus le filigrane, etc). L'image obtenue 93 est alors soustraite 94 de l'image originale 95 afin d'extraire le filigrane 96. La valeur du bit b est alors retrouvée selon les techniques classiques de détection de filigrane, comme décrit dans l'article [5] M. Kutter, "Watermarking resisting to translation, rotation, and scaling.", Proceedings of SPIE International Symposium on Voice, Video, and Data Communications, November 1998, et qui consiste essentiellement à inverser l'équation (2) et corréler statistiquement la valeur du bit b retrouvé 99 sur plusieurs pixels k afin de garantir une bonne robustesse aux erreurs éventuelles pouvant par exemple survenir lors de l'acquisition numérique de l'image.

[0045] Cette méthode est généralisable à plusieurs bits b et permet alors de coder n'importe quelle information numérique comme un numéro ou une chaîne de caractères.

[0046] Le deuxième cas est illustré par le schéma bloc de la figure Figure 10 où l'image originale est prédite à partir de l'image signée, l'image signée est soustraite de l'image prédite afin de restituer le filigrane, le bit constituant la signature est alors calculé. Un filtre de débruitage 105, par exemple de type Wiener, est utilisé pour réaliser une prédiction 106 de l'image originale $o(k)$ à partir de l'image signée 101. La différence 102 entre ces deux images constitue alors le filigrane 107 qui peut être décodé 103 en utilisant la clé 108 pour retrouver le bit 104 de la même manière que précédemment (Figure 9). L'erreur de prédiction étant notablement plus importante que dans le premier cas, le nombre de bits b codés de cette manière est systématiquement inférieur.

[0047] Dans la pratique il peut également être utile d'imprimer des informations visibles par-dessus le filigrane numérique. C'est le cas par exemple d'une feuille blanche de papier qui comporte un filigrane numérique et par dessus laquelle est imprimé un texte. Ceci est réalisable en choisissant des couleurs ou des intensités distinctes pour le filigrane et pour les informations visibles. Il est ensuite possible de filtrer l'image avant la détection du filigrane (Figure 9, étape 92) pour différencier le filigrane du texte imprimé et ainsi éliminer les parties ne comportant pas le filigrane. Une méthode consiste par exemple à utiliser la composante bleu pour le filigrane et à imprimer le texte du document en noir.

[0048] Finalement, la mise en oeuvre de la détection requiert un scanner optique capable de numériser le document sur lequel le filigrane est imprimé. Le positionnement sur le scanner n'étant jamais parfait, il est nécessaire de pouvoir retrouver l'information codé par le filigrane après d'éventuelles translations et rotations. Une technique convenable consiste à utiliser la méthode décrite par [5] qui est basée sur un filigrane auto-corrélé (pour compenser les rotations) et une technique d'inter-corrélation (pour compenser les translations).

Autres applications

[0049] Le procédé peut également être appliqué à d'autres secteurs que l'impression. Par exemple, il est possible d'utiliser un laser pour graver des surfaces métalliques, des pierres, de la céramique, etc, et encoder ainsi un filigrane digital. Les applications concernées sont alors par exemple les pièces de l'industrie automobile ou aéronautique ou des objets de luxe dans les secteurs de la joaillerie ou des objets de valeurs. On peut également imaginer de cacher des filigranes sur des CD-ROM ou CD audio, sur la face sérigraphiée ou sur la face gravée (encre ou laser).

Revendications

1. Méthode d'impression d'un filigrane et d'une image sur une surface imprimée, ce filigrane étant auto-corrélé et contenant une information à cacher, cette méthode étant **caractérisée par** les étapes suivantes:

- réaliser un filigrane numérique $vba(k)$ de type spatial en fonction du signe des bits $b=\{-1,1\}$ de l'information à cacher et de l'amplitude v de la modulation d'une composante de couleur ainsi que d'un générateur aléatoire $a(k)$ défini par une clé, tel que la densité du filigrane soit de 2% ou moins,
- seuiliser le filigrane $vba(k)$ pour des valeurs $ba(k) > 0$ uniquement afin d'obtenir une modulation asymétrique,
- imprimer l'image $c(k)$ et par-dessus l'image $c(k)$, le filigrane $vba(k)$ ou,
- imprimer le filigrane $vba(k)$ et par-dessus le filigrane, l'image $c(k)$.

EP 2 261 867 A2

2. Méthode d'impression d'un filigrane selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le filigrane recouvre la totalité de la surface.
3. Surface imprimée comportant une image et un filigrane imprimé selon l'une des revendications 1 à 2.
4. Surface imprimée selon la revendication 3, **caractérisée en ce que** le filigrane est imprimé sur un matériau de couleur uniforme.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

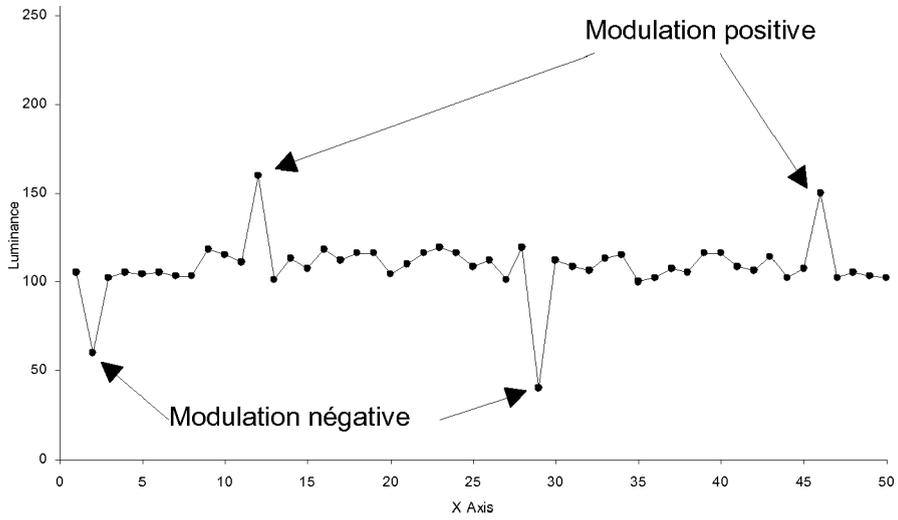


Figure 1

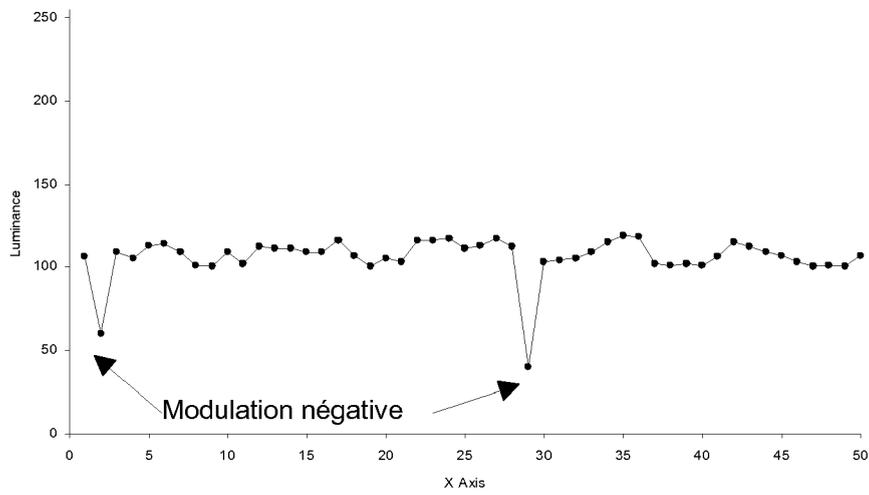


Figure 2

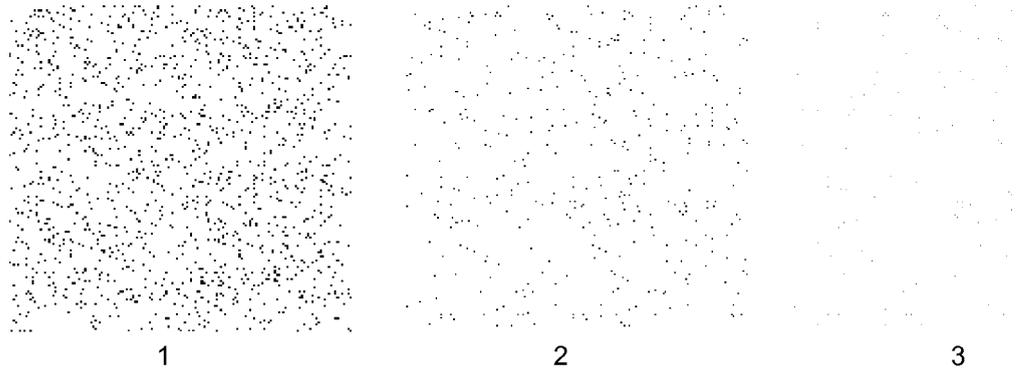


Figure 3

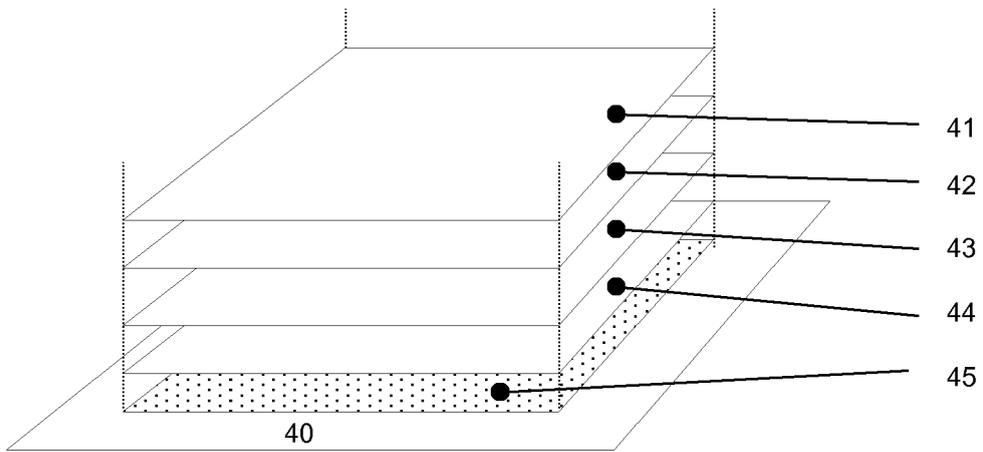


Figure 4

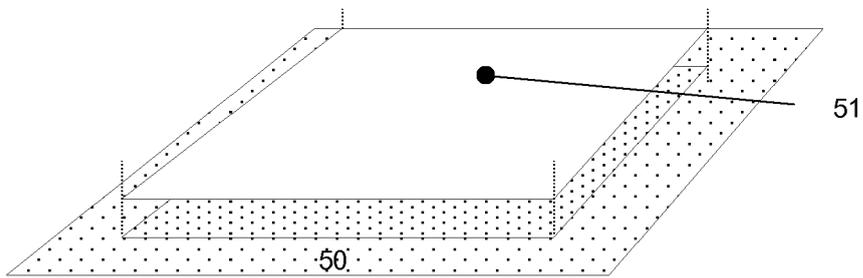


Figure 5

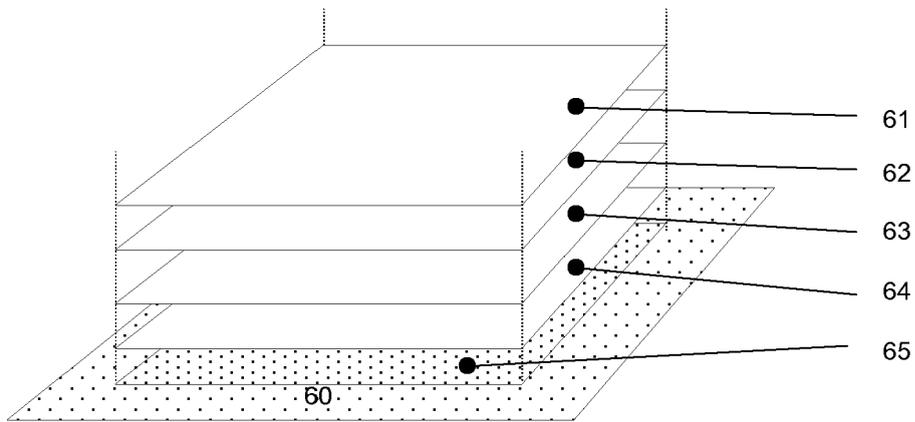


Figure 6

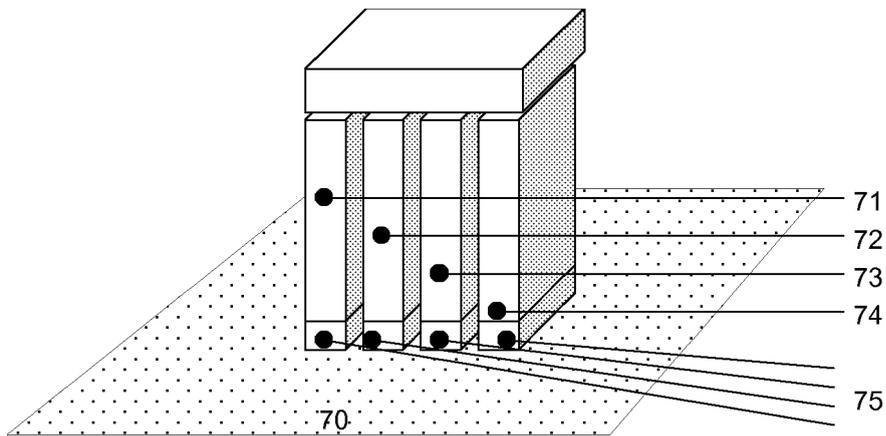


Figure 7

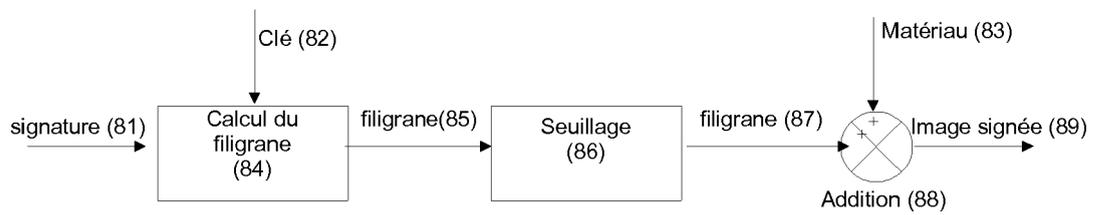


Figure 8

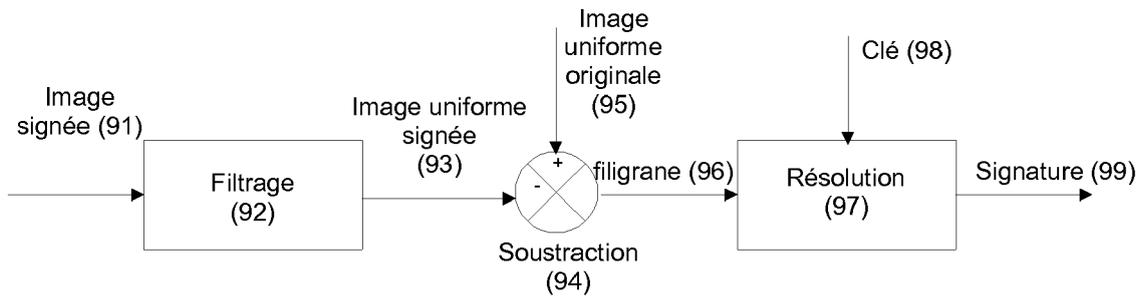


Figure 9

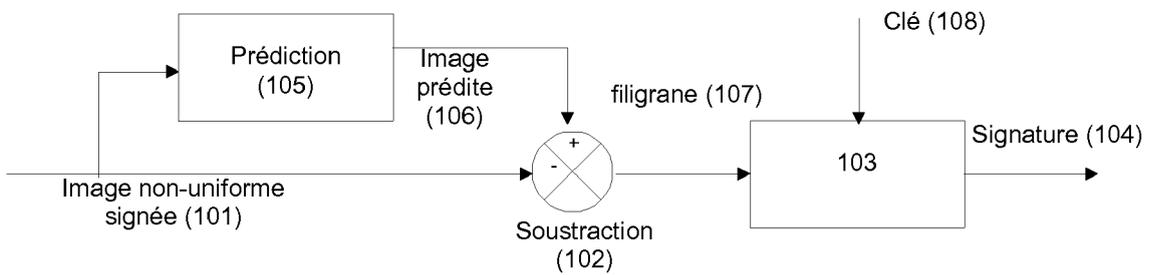


Figure 10

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 5960081 A [0015]
- EP 0762417 A2 [0015]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **M. Kutter ; F. Jordan ; F. Bossen.** Digital watermarking of color images using amplitude modulation. *Journal of Electronic Imaging*, Avril 1998, vol. 7 (2), 326-332 [0014]
- Optimized wavelet domain watermark embedding strategy using linear programming. **Shelby Pereira ; Sviatoslav Voloshynovskiy ; Thierry Pun.** Wavelet Applications. 26 Avril 2000, vol. VII [0014]
- **M. Kutter.** Watermarking resisting to translation, rotation, and scaling. *Proceedings of SPIE International Symposium on Voice, Video, and Data Communications*, Novembre 1998 [0044]