

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 24.08.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 01.03.24 Bulletin 24/09.

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

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : *Commissariat à l'énergie atomique et  
aux énergies alternatives Etablissement public à carac-  
tère industriel et commercial* — FR.

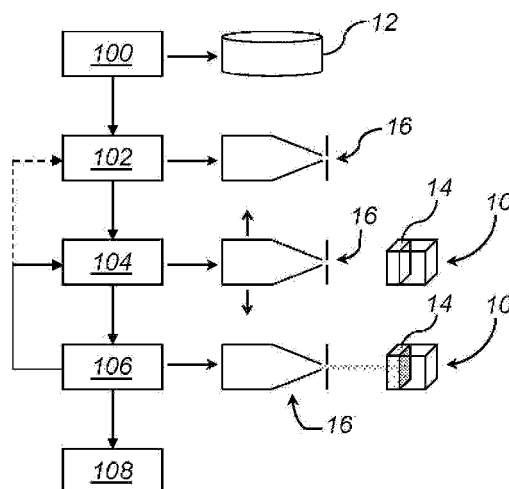
72 Inventeur(s) : CARTIER François et CHATILLON Syl-  
vain.

73 Titulaire(s) : Commissariat à l'énergie atomique et aux  
énergies alternatives Etablissement public à caractère  
industriel et commercial.

74 Mandataire(s) : Cabinet BONNET.

54 Procédés de marquage temporaire et d'identification d'un objet, objet identifiable correspondant.

57 Ce procédé de marquage temporaire d'un objet (10 ;  
18) en surface comporte une étape (104, 106) d'inscription  
d'un motif, porteur d'un code d'identification unique associé  
à cet objet (10 ; 18), dans une portion de la surface de l'objet  
formée d'un matériau constitutif prédéterminé (14). L'ins-  
cription (104, 106) du motif comporte l'émission (106), à  
l'aide d'un dispositif (16) d'émission à accélération de partic-  
ules, d'un faisceau de particules chargées vers chaque  
point de surface du motif à inscrire de manière à engendrer  
par réactions nucléaires, en ce point et sur une profondeur  
prédéterminée, des isotopes radioactifs, localisables par un  
détecteur de rayons gamma, au sein du matériau constitutif  
prédéterminé (14). Cette inscription est invisible.



## Description

### **Titre de l'invention : Procédés de marquage temporaire et d'identification d'un objet, objet identifiable correspondant**

- [0001] La présente invention concerne un procédé de marquage temporaire d'un objet. Elle concerne également un objet identifiable par marquage temporaire selon ce procédé et un procédé d'identification d'un tel objet.
- [0002] L'invention s'applique plus particulièrement à un procédé de marquage temporaire d'un objet en surface, comportant une étape d'inscription d'un motif, porteur d'un code d'identification unique associé à cet objet, dans une portion de la surface de l'objet formée d'un matériau constitutif prédéterminé.
- [0003] Le contexte applicatif d'un tel marquage temporaire est le marquage réversible et non destructif d'un objet, c'est-à-dire un marquage n'altérant pas ou quasiment pas l'objet lui-même, pouvant être supprimé ou disparaître de lui-même au bout d'un certain temps sans dommages sur l'objet, tout en permettant son identification sécurisée notamment pour l'authentifier. Le type d'objet visé par cette application est par exemple celui des biens culturels, notamment les objets d'art ou de valeur, qui doivent être marqués selon des contraintes spécifiques pour lutter contre la contrefaçon, le vol et le trafic illicite. Ces contraintes imposent généralement que le marquage d'identification soit directement présent sur l'objet, sans interaction visible avec l'objet et lisible tout en restant résistant aux manipulations et à l'environnement (i.e. les conditions de luminosité, humidité, température et pression).
- [0004] Il existe de nombreux types de marquages plus ou moins satisfaisants, incluant l'utilisation d'étiquettes à codes-barres ou RFID (de l'anglais « Radio Frequency Identification »), d'inscriptions, de traceurs, de micro-motifs. Il existe aussi de nombreux procédés sécurisés comme les inserts, le marquage ADN, la micro gravure, le marquage au pollen, à l'aide de paillettes ou encore par encre invisible.
- [0005] Toutes ces solutions altèrent plus ou moins l'objet de manière provisoire ou définitive. Son intégrité n'est alors pas préservée. Par ailleurs, certaines de ces solutions sont très visibles.
- [0006] L'article de Ishiyama et al, intitulé « mIDoT: micro Identifier Dot on Things - A tiny, efficient alternative to barcodes, tags, or marking for industrial parts traceability », publié dans Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Industrial Technology, 14-17 mars 2016, Taipei (TW), divulgue une alternative aux marquages très visibles en proposant le dépôt de micropoints d'encre et l'enregistrement de leurs irrégularités de surface sous forme d'images. C'est en effet peu coûteux et peu visible, mais il y a un ajout de matière qui est en outre probablement un peu trop facile à retirer

et un traitement algorithmique pour l'identification qui peut s'avérer complexe.

- [0007] Le document de brevet WO 2004/065134 A2 divulgue une technique particulièrement intéressante parce qu'elle propose le dépôt, sur une portion de la surface de l'objet, d'une encre invisible activée par des isotopes radioactifs de période radioactive connue. Ainsi le motif est invisible mais détectable et disparaît spontanément au-delà d'une durée parfaitement maîtrisée. Etant donné qu'il existe un grand choix d'isotopes radioactifs de périodes radioactives très différentes, de quelques jours à quelques années, il est avantageux de pouvoir choisir l'isotope radioactif convenant le mieux à tel ou tel contexte applicatif. Mais cette technique de dépôt d'encre altère l'objet, même après désintégration des isotopes radioactifs et disparition du motif.
- [0008] Il peut ainsi être souhaité de prévoir un procédé de marquage temporaire d'objet qui permette de s'affranchir d'au moins une partie des problèmes et contraintes précités.
- [0009] Il est donc proposé un procédé de marquage temporaire d'un objet en surface, comportant une étape d'inscription d'un motif, porteur d'un code d'identification unique associé à cet objet, dans une portion de la surface de l'objet formée d'un matériau constitutif prédéterminé, dans lequel l'inscription du motif comporte l'émission, à l'aide d'un dispositif d'émission à accélération de particules, d'un faisceau de particules chargées vers chaque point de surface du motif à inscrire de manière à engendrer par réactions nucléaires, en ce point et sur une profondeur prédéterminée, des isotopes radioactifs, localisables par un détecteur de rayons gamma, au sein du matériau constitutif prédéterminé.
- [0010] Ainsi, on réalise un marquage qui est invisible à l'œil nu ou même au microscope, mais lisible à l'aide d'un détecteur de rayons gamma. Par ailleurs, un tel marquage est temporaire et de durée parfaitement maîtrisée puisque, comme indiqué précédemment, les isotopes radioactifs engendrés peuvent être choisis, selon le matériau, en fonction de leur période radioactive. Il ne peut pas être retiré sans altérer l'objet de façon visible puisqu'il est inscrit dans les atomes mêmes du matériau constitutif prédéterminé formant la portion que l'on souhaite marquer. Enfin, il n'altère pas l'objet de façon perceptible puisqu'il peut rester détectable tout en transformant par radioactivité une infime portion des atomes du matériau constitutif prédéterminé dans une couche superficielle de ce matériau, en général dans une gamme de quelques dizaines à centaines de  $\mu\text{m}$ . De plus, cette radioactivité est elle-même temporaire. En résumé, un tel marquage temporaire répond de façon optimale à l'ensemble des contraintes spécifiques au marquage des biens culturels qui sont pourtant très exigeantes. *A fortiori*, un tel marquage temporaire est avantageux dans bien d'autres applications.
- [0011] De façon optionnelle, l'émission du faisceau de particules chargées se fait par activation de couche mince à l'aide d'un dispositif d'émission de type cyclotron.
- [0012] De façon optionnelle également :

- les particules chargées émises comportent des protons, des deutérons ou des atomes d'hélium 2 ;
  - l'énergie du faisceau de particules est choisie dans une gamme comprise entre 1 et 45 MeV, notamment sélectionnée en fonction des isotopes radioactifs à engendrer et d'une période radioactive correspondante visée ; et
  - les particules chargées sont émises selon une incidence essentiellement normale à la surface de l'objet, avec une variation angulaire réglable autour de cette incidence normale pour un réglage fin de la profondeur prédéterminée sur laquelle les isotopes radioactifs doivent être engendrés.
- [0013] De façon optionnelle également, le dosage du faisceau de particules est établi à un niveau d'irradiation inférieur ou égal à 10  $\mu\text{Sv/h}$  mesurable à 10 cm de l'objet.
- [0014] De façon optionnelle également, l'intensité du faisceau de particules est inférieure ou égale à 10  $\mu\text{A}$  pour une durée d'irradiation comprise entre 0,5 et 24 heures.
- [0015] De façon optionnelle également, le motif est inscrit sous la forme d'une tache dont la radioactivité mesurable est porteuse du code d'identification unique en termes de taux de comptage prédéterminé en fonction du temps.
- [0016] De façon optionnelle également, le motif est inscrit sous la forme d'une pluralité de micropoints, localisables par détection de rayons gamma, dont :
- la disposition sur l'objet est porteuse du code d'identification unique en termes de localisations relatives des micropoints ; et/ou
  - la radioactivité mesurable est porteuse du code d'identification unique en termes de taux de comptage prédéterminé en fonction du temps pour chacun des micropoints.
- [0017] De façon optionnelle également, le motif est inscrit sous la forme d'un code-barres à au moins une dimension.
- [0018] Il est également proposé un objet identifiable par marquage temporaire en surface, comportant un motif, porteur d'un code d'identification unique associé à cet objet, dans une portion de sa surface formée d'un matériau constitutif prédéterminé, comportant des isotopes radioactifs, localisables par détection de rayons gamma, qui ont été formés, par réactions nucléaires provoquées par l'émission d'un faisceau de particules chargées vers chaque point de surface du motif à l'aide d'un dispositif d'émission à accélération de particules, au sein du matériau constitutif prédéterminé en chaque point de surface du motif et sur une profondeur prédéterminée de ce matériau constitutif prédéterminé.
- [0019] Il est également proposé un procédé d'identification d'un objet, comportant :
- la détection d'un motif, porteur d'un code d'identification unique associé à cet objet, dans une portion de la surface de l'objet formée d'un matériau constitutif prédéterminé ; et

- une identification de l'objet à partir du motif détecté, dans lequel la détection du motif comporte :
  - le placement d'un détecteur de rayons gamma face à la portion de la surface de l'objet dans laquelle est supposée se trouver le motif ;
  - la détection et la localisation, par le détecteur, de la présence ou pas d'isotopes radioactifs au sein du matériau constitutif prédéterminé dans la portion de surface considérée, ces isotopes ayant le cas échéant été formés, par réactions nucléaires provoquées par l'émission d'un faisceau de particules chargées vers chaque point de surface du motif à l'aide d'un dispositif d'émission à accélération de particules, au sein du matériau constitutif prédéterminé en chaque point de surface du motif et sur une profondeur prédéterminée du matériau constitutif prédéterminé ; et
  - la reconstitution du motif à partir des isotopes radioactifs détectés et localisés.

[0020] L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

- la [Fig.1] illustre les étapes successives d'un procédé de marquage temporaire d'objet en surface, selon un mode de réalisation de l'invention,
- la [Fig.2] représente schématiquement la structure générale d'un exemple d'objet identifiable par marquage temporaire selon un mode de réalisation de l'invention, et
- la [Fig.3] illustre les étapes successives d'un procédé d'identification d'objet, selon un mode de réalisation de l'invention.

[0021] Le procédé de marquage temporaire d'un objet 10 en surface, tel qu'illustré sur la [Fig.1], comporte une première étape 100 de détermination d'un code d'identification unique associé à cet objet 10. Ce code d'identification unique est par exemple enregistré dans une base de données 12 accessible en lecture par tout opérateur habilité à authentifier l'objet 10 après marquage.

[0022] Conformément aux principes généraux de la présente invention, le procédé de marquage temporaire de l'objet 10 est basé sur l'inscription d'un motif radioactif porteur du code d'identification unique déterminé à l'étape 100 dans une portion de la surface de l'objet 10 formée d'un matériau constitutif prédéterminé 14. Cette inscription de motif radioactif se fait par émission, à l'aide d'un dispositif 16 d'émission à accélération de particules, d'un faisceau de particules chargées vers chaque point de surface du motif à inscrire de manière à engendrer par réactions nucléaires, en ce point et sur une profondeur prédéterminée, des isotopes radioactifs, localisables par un détecteur de rayons gamma, au sein du matériau constitutif prédéterminé. A titre d'exemple non limitatif, un faisceau de protons peut être utilisé pour produire l'isotope radioactif  $^{56}\text{Co}$  à la surface d'un objet en acier. Cet isotope se désintègre en  $^{56}\text{Fe}$ , sur

une durée radioactive ou demi-vie de 77 jours avec émission de rayons gamma.

- [0023] Le dispositif 16 d'émission à accélération de particules est par exemple un dispositif de type cyclotron apte à émettre un faisceau de particules chargées selon la technique TLA, c'est-à-dire par activation de couche mince (de l'anglais « Thin Layer Activation »), comme par exemple enseigné dans l'article de Abbas et al, intitulé « Radioactivity measurements for the thin layer activation technique », publié dans *Applied Radiation and Isotopes* 53 (2000), pages 179 à 184. La technique TLA permet d'engendrer des isotopes faiblement radioactifs, c'est-à-dire sans aucun impact sanitaire ou environnemental perceptible, sur une profondeur prédéterminée, limitée et maîtrisée au sein du matériau constitutif prédéterminé, c'est-à-dire de quelques dizaines ou au plus quelques centaines de  $\mu\text{m}$ . Cette technique est connue pour son utilisation en mesure et surveillance à distance de la corrosion ou de l'usure de pièces industrielles.
- [0024] Le dispositif d'émission 16 est en outre collimaté de façon connue en soi, par exemple à l'aide d'une plaque métallique trouée, pour orienter le faisceau de particules chargées vers une cible ponctuelle précisément localisée de manière à engendrer les isotopes radioactifs souhaités sur cette cible ponctuelle et sur la profondeur limitée souhaitée. Les dimensions de la cible ponctuelles sont par exemple de l'ordre du mm. On notera par ailleurs que le matériau constitutif du collimateur doit être différent de celui de la cible ponctuelle.
- [0025] Le document IAEA-TECDOC-924 intitulé « The thin layer activation method and its applications in industry », publié par l'International Atomic Energy Agency (IAEA) en janvier 1997, comporte en page 11 un tableau indicatif de recommandations en termes de particules chargées à émettre et d'énergie de faisceau en fonction du ou des éléments atomiques du matériau constitutif prédéterminé de l'objet que l'on souhaite marquer et des isotopes radioactifs que l'on souhaite engendrer. Ce tableau montre qu'en paramétrant le dispositif 16 d'émission à accélération de particules, il est possible de régler la durée du marquage puisque celle-ci est fonction de la durée radioactive des isotopes radioactifs engendrés à la surface de l'objet 10. Les isotopes radioactifs indiqués dans ce tableau ont des durées radioactives qui se comptent en mois ou en années, mais d'autres isotopes ont des durées radioactives inférieures, de quelques jours ou quelques semaines.
- [0026] Un large choix est disponible en fonction des matériaux à marquer et des contextes applicatifs visés. Il est possible d'activer les alliages de Fe, Ni, Cu, Cr, Mo, Co, Al, Pb, Sn, Zn, Mg, ..., ainsi que les céramiques ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , SiC,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{ZrO}_2$ , TiC, TiN, ...), par exemple avec des protons.
- [0027] Pour réaliser le réglage du marquage radioactif, le dispositif 16 d'émission à accélération de particules est paramétré au cours d'une étape 102.

- [0028] Un premier paramètre réglable est celui des particules chargées à émettre. En général, il s'agit avantagement de protons, deutérons ou atomes d'hélium 2 parce que ce sont des particules chargées particulièrement légères. Mais il peut aussi s'agir de particules plus lourdes telles que de l'hélium 3 ou de l'hélium 4. On notera que ce premier paramétrage peut consister à choisir tel ou tel dispositif d'émission 16 parmi plusieurs à disposition. Il permet de choisir les isotopes radioactifs à engendrer et la période radioactive correspondante pour un matériau donné.
- [0029] Un deuxième paramètre réglable est celui de l'énergie du faisceau de particules, comme indiqué dans le tableau de la page 11 du document IAEA-TECDOC-924. D'une manière générale, celle-ci est avantagement choisie dans une gamme large comprise entre 1 et 45 MeV, notamment sélectionnée en fonction des isotopes radioactifs à engendrer et de l'épaisseur de matériau à irradier.
- [0030] Un troisième paramètre réglable est celui de l'incidence du faisceau de particule à émettre sur l'objet 10. Celle-ci est essentiellement normale à la surface de l'objet 10, mais avec une variation angulaire réglable autour de cette incidence normale pour un réglage fin de la profondeur prédéterminée et limitée (quelques dizaines ou quelques centaines de  $\mu\text{m}$ ) sur laquelle les isotopes radioactifs doivent être engendrés dans le matériau constitutif prédéterminé 12.
- [0031] Un quatrième paramètre réglable est celui du dosage du faisceau de particules. Il est avantagement établi à un niveau d'irradiation inférieur ou égal à  $10 \mu\text{Sv/h}$  mesurable à 10 cm de l'objet 10, ce qui constitue une irradiation très faible, très en deçà de tous les seuils d'impact sanitaire sur l'environnement. Ce dosage est en outre compatible avec la technique TLA précédemment citée. A titre de référentiel, on peut noter qu'un voyage entre Paris et New York en avion expose à une irradiation de  $60 \mu\text{Sv}$ , une radio dentaire à  $200 \mu\text{Sv}$  et une cigarette à  $7,3 \mu\text{Sv}$ . En règle générale, la limite du domaine des faibles débits de dose, en dessous de laquelle aucun effet biologique n'est détectable, peut être placée vers  $1 \text{ mSv/h}$ , voire  $100 \mu\text{Sv/h}$ .
- [0032] Un cinquième paramètre réglable est celui de l'intensité du faisceau de particules. Elle est inférieure ou égale à  $10 \mu\text{A}$  pour une durée d'irradiation comprise dans une gamme large pouvant aller de 30 mn à 24 heures en fonction de la quantité initiale d'isotopes radioactifs souhaitée. La durée d'irradiation peut notamment être choisie en fonction des contraintes de l'application visée.
- [0033] D'autres paramètres des dispositifs d'émission à accélération de particules peuvent en outre être réglés. Mais ils ne seront pas détaillés parce que bien connus et relativement secondaires dans le contexte de la présente invention.
- [0034] Une fois que le dispositif 16 d'émission à accélération de particules est paramétré, il doit être placé face à la portion de surface de l'objet 10 dans laquelle le motif doit être inscrit, en vis-à-vis d'un point de surface de ce motif dans une disposition relative pré-

déterminée entre le dispositif d'émission 16 et l'objet 10. Le placement est initialisé en vis-à-vis d'un premier point de surface du motif à inscrire. Il se fait par déplacement de l'objet 10, ou éventuellement réciproquement du faisceau du dispositif d'émission 16, au cours d'une étape de déplacement relatif 104.

- [0035] Au cours d'une étape 106 suivante, un faisceau de particules chargées est émis par le dispositif 16 d'émission à accélération de particules selon les paramètres définis à l'étape 102. L'émission de ce faisceau engendre par réactions nucléaires, au point en vis-à-vis duquel le dispositif d'émission 16 a été placé à l'étape 104 et sur une profondeur limitée définie par le paramétrage de l'étape 102, des isotopes radioactifs, localisables par un détecteur de rayons gamma, au sein du matériau constitutif prédéterminé 14 de l'objet 10.
- [0036] Suite à cette étape 106, si tous les points de surface du motif à inscrire ont été activés, alors le procédé passe à une dernière étape 108 de fin de marquage. Sinon, une nouvelle disposition relative prédéterminée entre le dispositif d'émission 16 et l'objet 10 est définie pour placer le dispositif d'émission 16 en vis-à-vis d'un nouveau point de surface du motif à activer. Le procédé retourne alors à l'étape 104 si aucune adaptation des paramètres de réglage du dispositif d'émission 16 n'est à faire, ou à l'étape 102 dans le cas contraire.
- [0037] Grâce au procédé de marquage décrit précédemment, différents types de motifs porteurs du code d'identification unique associé à l'objet 10 peuvent être inscrits dans le matériau constitutif de la portion de surface de l'objet 10 à marquer.
- [0038] Par exemple, selon une première variante, le motif peut être inscrit sous la forme d'une tache dont la radioactivité mesurable est elle-même porteuse du code d'identification unique en termes de taux de comptage prédéterminé en fonction du temps. Dans ce cas, une seule itération des étapes 104 et 106 peut suffire et c'est le paramétrage 102 qui définit le code d'identification unique associé à l'objet 10. En d'autres termes, ce qui identifie l'objet 10, c'est l'isotope radioactif mesuré et le taux de comptage à un instant donné. L'inconvénient de cette variante pourtant particulièrement simple, c'est qu'il faut *a priori* connaître l'état initial (i.e. l'énergie utilisée) et la date du marquage temporaire par irradiation lors de l'identification.
- [0039] Par exemple également, selon une deuxième variante, le motif peut être inscrit sous la forme d'une pluralité de micropoints, localisables par détection de rayons gamma. Un micropoint est un motif élémentaire dont les dimensions sont généralement inférieures au millimètre. Dans ce cas, plusieurs itérations des étapes 104 et 106 ou 102, 104 et 106 sont nécessaires, plus précisément autant que de micropoints à activer. La disposition relative de ces micropoints sur l'objet 10 peut être intégralement porteuse du code d'identification unique, auquel cas seules les étapes 104 et 106 sont exécutées plusieurs fois. De façon alternative, c'est la radioactivité mesurable de chaque mi-

cropoint qui est intégralement porteuse du code d'identification unique en termes de taux de comptage prédéterminé en fonction du temps, auquel cas les étapes 102, 104 et 106 doivent être exécutées plusieurs fois. Le code d'identification peut aussi être porté à la fois par la disposition relative des micropoints et leurs radioactivités individuelles mesurables, auquel cas les étapes 102, 104 et 106 doivent être exécutées plusieurs fois.

[0040] Par exemple également, selon une troisième variante, le motif peut être inscrit sous la forme d'un code-barres à au moins une dimension. A deux dimensions, il s'agit d'un code à réponse rapide ou code QR (de l'anglais « Quick Response »), nécessitant des déplacements relatifs entre le dispositif d'émission 16 et l'objet 10 dans deux dimensions. A une seule dimension, il s'agit d'un code-barres simple tel que celui illustré sur la [Fig.2].

[0041] La [Fig.2] illustre en effet un exemple 18 d'objet 10 identifiable par marquage temporaire en surface, comportant un motif de type code-barres 20 à une seule dimension, porteur d'un code d'identification unique associé à cet exemple 18 d'objet 10, dans une portion 22 prédéterminée de sa surface. L'exemple illustré est celui d'un vase qui peut par exemple être formé d'un matériau constitutif tel que du bronze.

[0042] Le code-barres qui a été inscrit sur ce vase 18 par exécution du procédé de la [Fig.1] n'est détectable et identifiable que par détection de rayons gamma parce que chacun des points de surface en bronze de ce code-barres comporte des isotopes radioactifs, par exemple des atomes de  $^{65}\text{Zn}$ , engendrés par émission d'un faisceau de particules chargées, par exemple des protons ou des deutérons, sur une profondeur limitée. Un code-barres formé d'atomes de  $^{65}\text{Zn}$  présente une durée radioactive d'environ un an.

[0043] Un procédé d'identification d'objet 10, notamment pour identifier le vase 18 de la [Fig.2], va maintenant être détaillé en référence à la [Fig.3].

[0044] Il comporte une première étape 200 de préparation et paramétrage d'un détecteur de rayons gamma 24 apte, non seulement, à détecter des isotopes radioactifs prédéterminés, mais également, à les localiser. Plusieurs types de tels détecteurs existent, tels que par exemple des caméras gamma ou des compteurs à scintillation collimatés mesurant les rayons gamma par spectroscopie. Un exemple non limitatif est illustré sur la [Fig.3]. Il s'agit d'un compteur à scintillation qui comporte entre autres un cristal 26 de NaI (iodure de sodium) et un collimateur 28. Le collimateur 28 pourrait être constitué d'une simple plaque métallique trouée. Il peut aussi comporter des canaux creusés dans un bloc métallique permettant une détection focalisée en un point prédéterminé F qui est à l'intersection commune de tous les axes centraux de ces canaux. Il est paramétré pour détecter spécifiquement la présence d'isotopes radioactifs prédéterminés attendus dans l'objet 10 au point F, par exemple des atomes de  $^{65}\text{Zn}$  dans le cas du vase 18.

[0045] Une fois que le détecteur de rayons gamma 24 est paramétré, s'il s'agit d'un

compteur à scintillation collimaté, il doit être placé face à la portion de surface de l'objet 10 dans laquelle le motif a été inscrit, en vis-à-vis d'un point de surface de ce motif dans une disposition relative prédéterminée entre le détecteur de rayons gamma 24 et l'objet 10 permettant de confondre le point de surface visé et le point F de focalisation. Le placement est initialisé en vis-à-vis d'un premier point de surface supposé du motif à détecter, dont les coordonnées sont par exemple connues *a priori*. Il se fait par déplacement de l'objet 10, ou réciproquement du faisceau du détecteur de rayons gamma 24, au cours d'une étape de déplacement relatif 202. Dans l'exemple du vase 18, la portion de surface 22 peut être connue à l'avance et le placement initial peut être choisi pour se trouver sur l'axe médian longitudinal du code-barres 20 et à son extrémité gauche. D'une façon générale, la portion de surface marquée de tout objet 10 à identifier doit avantageusement être connue à l'avance pour faciliter et accélérer la détection, bien que ce ne soit pas, dans l'absolu, indispensable. Une solution sans connaissance *a priori* de la localisation de la portion de surface 22 activée pourrait en effet consister à commencer par rechercher grossièrement une zone radioactive sur toute la surface de l'objet 10 (i.e. sans collimateur) puis à se concentrer sur celle-ci (i.e. avec collimateur) pour détecter et identifier le motif.

[0046] Au cours d'une étape 204 suivante, le détecteur de rayons gamma 24 détecte, ou pas, la présence d'isotopes radioactifs prédéterminés attendus au point F de focalisation, c'est-à-dire au point de surface visé de l'objet 10.

[0047] Suite à cette étape 204, si tous les points de surface du motif à détecter ont été visés pour la détection (dans le cas du vase 18, il suffit de réaliser la détection sur tous les points de l'axe médian longitudinal du code-barres 20), alors un signal de détection final peut être considéré comme obtenu et le procédé passe à une étape 206 de reconstitution du motif. Ce signal de détection final est constitué d'une alternance de présence et d'absence de pics d'énergie représentatifs de la présence ou de l'absence des isotopes radioactifs prédéterminés attendus. Sinon, une nouvelle disposition relative prédéterminée entre le détecteur de rayons gamma 24 et l'objet 10 est définie pour placer le détecteur de rayons gamma 24 en vis-à-vis d'un nouveau point de surface du motif à détecter. Le procédé retourne alors à l'étape 202 si aucune adaptation des paramètres de réglage du détecteur de rayons gamma 24 n'est à faire, ou à l'étape 200 dans le cas contraire.

[0048] On notera que lorsque le détecteur de rayons gamma 24 est une caméra gamma, le signal de détection final doit pouvoir être obtenu en une seule détection, c'est-à-dire sans déplacement relatif entre le détecteur et l'objet 10.

[0049] Au cours de l'étape 206, le motif est reconstitué à partir du signal de détection final qui recense les isotopes radioactifs détectés et localisés. Lorsqu'il s'agit du code-barres 20, cela se fait très simplement par une détection de dépassement de seuil dans le

signal monodimensionnel de détection final.

- [0050] Au cours d'une étape de test 208 suivante, le code d'identification unique porté par le motif reconstitué à l'étape 206 est extrait et comparé aux codes d'identification unique enregistrés en base de données 12. Si une correspondance est trouvée, alors l'objet 10 est identifié au cours d'une étape 210, par exemple le vase 18 lorsque c'est le code-barres 20 qui est détecté. Sinon, le procédé d'identification se termine par une étape 212 d'échec de l'identification.
- [0051] Il apparaît clairement qu'un procédé de marquage tel que celui décrit précédemment permet de marquer temporairement un objet sans altération sensible ou visible de ce dernier, sans altération possible non plus du marquage sans endommager l'objet lui-même, et avec une disparition spontanée du marquage au-delà d'une durée maîtrisée. A l'issue de la durée de radioactivité détectable, soit le marquage peut être rafraîchi, soit il disparaît naturellement en laissant l'objet inchangé à quelques atomes près.
- [0052] De nombreux objet et matériaux peuvent être marqués de cette façon, tels que les métaux, les céramiques, les peintures et sculptures polychromes, les matériaux modernes.
- [0053] On notera par ailleurs que l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation et variantes décrits précédemment. Il apparaîtra en effet à l'homme de l'art que diverses modifications peuvent être apportées aux modes de réalisation et variantes décrits ci-dessus, à la lumière de l'enseignement qui vient de lui être divulgué. Dans la présentation détaillée de l'invention qui est faite précédemment, les termes utilisés ne doivent pas être interprétés comme limitant l'invention aux modes de réalisation et variantes exposés dans la présente description, mais doivent être interprétés pour y inclure tous les équivalents dont la prévision est à la portée de l'homme de l'art en appliquant ses connaissances générales à la mise en œuvre de l'enseignement qui vient de lui être divulgué.

## Revendications

- [Revendication 1] Procédé de marquage temporaire d'un objet (10 ; 18) en surface, comportant une étape (104, 106) d'inscription d'un motif (20), porteur d'un code d'identification unique associé à cet objet (10 ; 18), dans une portion (22) de la surface de l'objet (10 ; 18) formée d'un matériau constitutif prédéterminé (14), caractérisé en ce que l'inscription (104, 106) du motif (20) comporte l'émission (106), à l'aide d'un dispositif (16) d'émission à accélération de particules, d'un faisceau de particules chargées vers chaque point de surface du motif (20) à inscrire de manière à engendrer par réactions nucléaires, en ce point et sur une profondeur prédéterminée, des isotopes radioactifs, localisables par un détecteur (24) de rayons gamma, au sein du matériau constitutif prédéterminé (14).
- [Revendication 2] Procédé de marquage temporaire d'un objet (10 ; 18) selon la revendication 1, dans lequel l'émission du faisceau de particules chargées se fait par activation de couche mince à l'aide d'un dispositif d'émission (16) de type cyclotron.
- [Revendication 3] Procédé de marquage temporaire d'un objet (10 ; 18) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel :
- les particules chargées émises comportent des protons, des deutérons ou des atomes d'hélium 2 ;
  - l'énergie du faisceau de particules est choisie dans une gamme comprise entre 1 et 45 MeV, notamment sélectionnée en fonction des isotopes radioactifs à engendrer et d'une période radioactive correspondante visée ; et
  - les particules chargées sont émises selon une incidence essentiellement normale à la surface de l'objet (10 ; 18), avec une variation angulaire réglable autour de cette incidence normale pour un réglage fin de la profondeur prédéterminée sur laquelle les isotopes radioactifs doivent être engendrés.
- [Revendication 4] Procédé de marquage temporaire d'un objet (10 ; 18) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le dosage du faisceau de particules est établi à un niveau d'irradiation inférieur ou égal à 10  $\mu\text{Sv/h}$  mesurable à 10 cm de l'objet (10 ; 18).
- [Revendication 5] Procédé de marquage temporaire d'un objet (10 ; 18) selon l'une

quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel l'intensité du faisceau de particules est inférieure ou égale à  $10 \mu\text{A}$  pour une durée d'irradiation comprise entre 0,5 et 24 heures.

[Revendication 6] Procédé de marquage temporaire d'un objet (10 ; 18) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le motif (20) est inscrit sous la forme d'une tache dont la radioactivité mesurable est porteuse du code d'identification unique en termes de taux de comptage prédéterminé en fonction du temps.

[Revendication 7] Procédé de marquage temporaire d'un objet (10 ; 18) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le motif (20) est inscrit sous la forme d'une pluralité de micropoints, localisables par détection de rayons gamma, dont :

- la disposition sur l'objet (10 ; 18) est porteuse du code d'identification unique en termes de localisations relatives des micropoints ; et/ou
- la radioactivité mesurable est porteuse du code d'identification unique en termes de taux de comptage prédéterminé en fonction du temps pour chacun des micropoints.

[Revendication 8] Procédé de marquage temporaire d'un objet (10 ; 18) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le motif (20) est inscrit sous la forme d'un code-barres à au moins une dimension.

[Revendication 9] Objet (10 ; 18) identifiable par marquage temporaire en surface, comportant un motif (20), porteur d'un code d'identification unique associé à cet objet (10 ; 18), dans une portion (22) de sa surface formée d'un matériau constitutif prédéterminé (14), caractérisé en ce qu'il comporte des isotopes radioactifs, localisables par détection de rayons gamma, qui ont été formés, par réactions nucléaires provoquées par l'émission d'un faisceau de particules chargées vers chaque point de surface du motif (20) à l'aide d'un dispositif (16) d'émission à accélération de particules, au sein du matériau constitutif prédéterminé (14) en chaque point de surface du motif (20) et sur une profondeur prédéterminée de ce matériau constitutif prédéterminé (14).

[Revendication 10] Procédé d'identification d'un objet (10 ; 18), comportant :

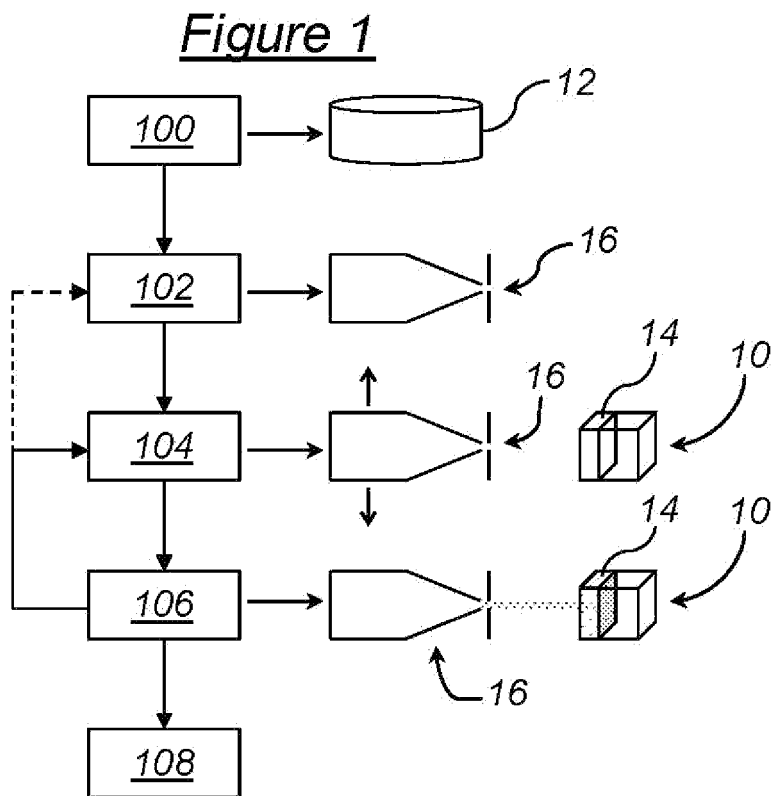
- la détection (202, 204, 206) d'un motif (20), porteur d'un code d'identification unique associé à cet objet (10 ; 18), dans une portion (22) de la surface de l'objet (10 ; 18) formée d'un

- matériau constitutif prédéterminé (14) ; et
- une identification (208, 210, 212) de l'objet (10 ; 18) à partir du motif (20) détecté,

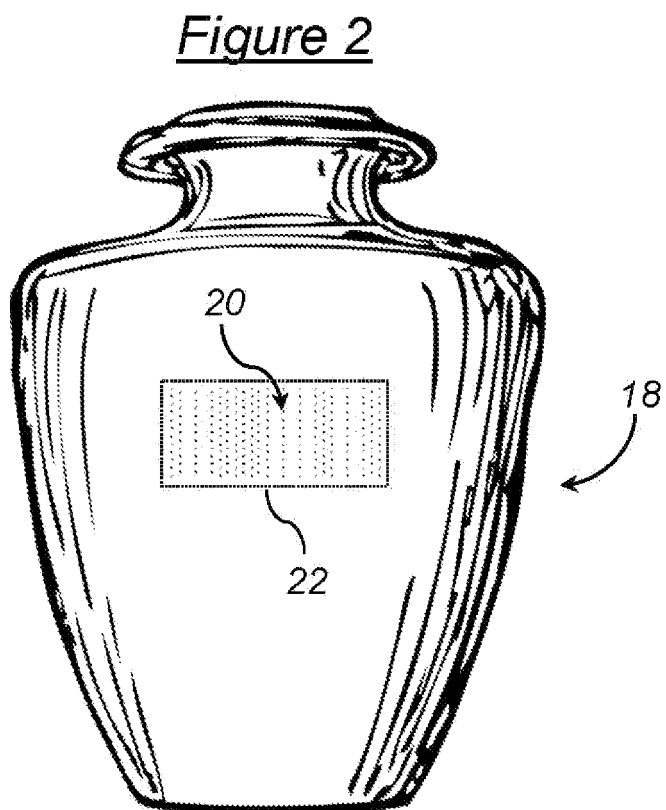
caractérisé en ce que la détection (202, 204, 206) du motif (20) comporte :

- le placement (202) d'un détecteur (24) de rayons gamma face à la portion (22) de la surface de l'objet (10 ; 18) dans laquelle est supposée se trouver le motif (20) ;
- la détection et la localisation (204), par le détecteur (24), de la présence ou pas d'isotopes radioactifs au sein du matériau constitutif prédéterminé (14) dans la portion (22) de surface considérée, ces isotopes ayant le cas échéant été formés, par réactions nucléaires provoquées par l'émission d'un faisceau de particules chargées vers chaque point de surface du motif (20) à l'aide d'un dispositif (16) d'émission à accélération de particules, au sein du matériau constitutif prédéterminé (14) en chaque point de surface du motif (20) et sur une profondeur prédéterminée du matériau constitutif prédéterminé (14) ; et
- la reconstitution (206) du motif (20) à partir des isotopes radioactifs détectés et localisés.

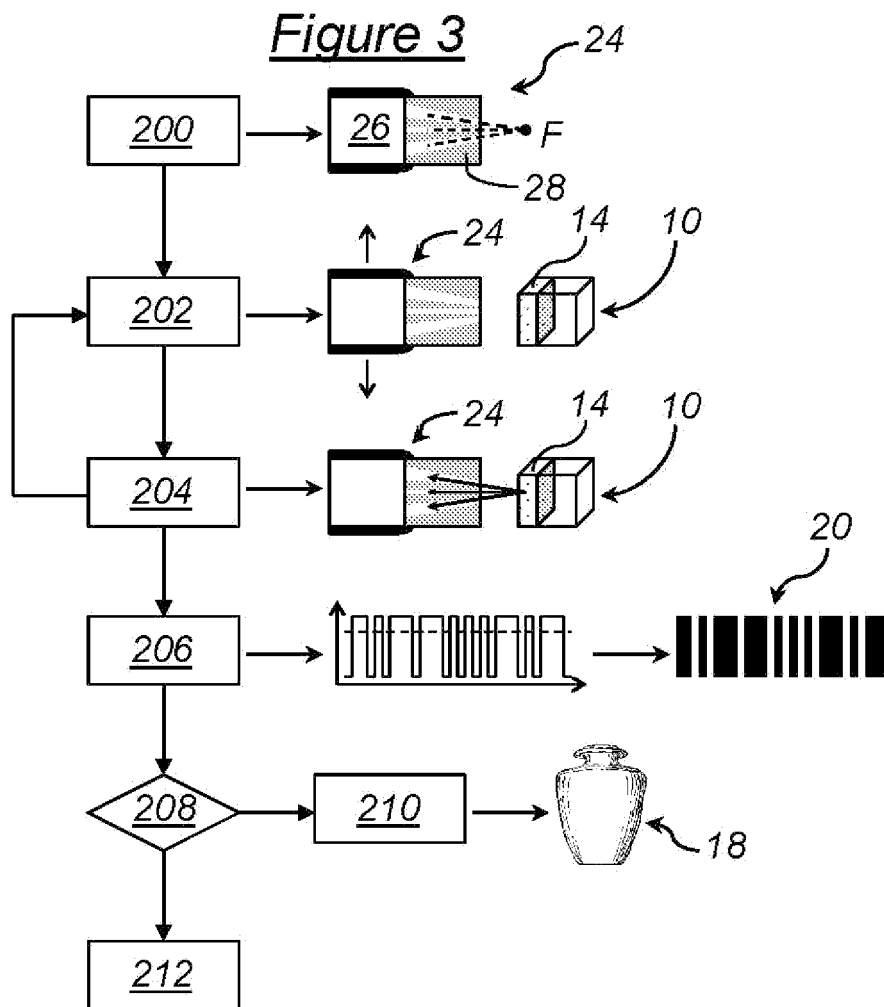
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



## RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement  
national

**FA 910954**  
**FR 2208487**

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Revendication(s)<br>concernée(s) | Classement attribué<br>à l'invention par l'INPI                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Catégorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Citation du document avec indication, en cas de besoin,<br>des parties pertinentes                                                                                                                                                                                                              |                                  |                                                                    |
| <b>X</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>WO 02/00440 A2 (AUTHENTIS LTD [IL]; ZIDON AHARON [IL]) 3 janvier 2002 (2002-01-03)</b>                                                                                                                                                                                                       | <b>10</b>                        | <b>G06K7/00</b>                                                    |
| <b>A</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | * page 1, ligne 19 – ligne 20 *<br>* page 4, ligne 21 – ligne 24 *<br>* page 7, ligne 18 – ligne 27 *<br>* page 10, ligne 16 – ligne 19 *<br>* page 14, ligne 6 – ligne 12 *<br>* page 21, ligne 7 – ligne 13 *<br>* page 22, ligne 15 – ligne 20 *<br>* page 25, ligne 6 – ligne 19 *<br>----- | <b>1–9</b>                       | <b>B41M7/00</b><br><b>G01J1/00</b>                                 |
| <b>A</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>EP 0 017 652 A1 (BANYASZATI FEJLESZTESI INTEZET) 29 octobre 1980 (1980-10-29)</b><br>* page 1, ligne 26 – ligne 30 *<br>* page 3, ligne 27 – ligne 31 *<br>-----                                                                                                                             | <b>1–10</b>                      |                                                                    |
| <b>A</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>FR 2 664 073 A1 (THOMSON CSF [FR]) 3 janvier 1992 (1992-01-03)</b><br>* page 3, ligne 27 – ligne 35 *<br>-----                                                                                                                                                                               | <b>1–10</b>                      |                                                                    |
| <b>A</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>WO 96/16376 A1 (DONALDSON JOHN HEDLEY [AU]) 30 mai 1996 (1996-05-30)</b><br>* page 5, ligne 16 – ligne 22 *<br>* figure 4 *<br>-----                                                                                                                                                         | <b>1–10</b>                      | <b>DOMAINES TECHNIQUES<br/>RECHERCHÉS (IPC)</b><br><br><b>G06K</b> |
| <b>A,D</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>WO 2004/065134 A2 (SICPA HOLDING SA [CH]; MUELLER EDGAR [CH] ET AL.) 5 août 2004 (2004-08-05)</b><br>* le document en entier *<br>-----                                                                                                                                                      | <b>1–10</b>                      |                                                                    |
| <b>A</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>US 4 765 655 A (CRIHAN IOAN G [US]) 23 août 1988 (1988-08-23)</b><br>* le document en entier *<br>-----                                                                                                                                                                                      | <b>1–10</b>                      |                                                                    |
| Date d'achèvement de la recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Examineur                        |                                                                    |
| <b>9 mars 2023</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Bhalodia, Anil</b>            |                                                                    |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul<br/>           Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br/>           A : arrière-plan technologique<br/>           O : divulgation non-écrite<br/>           P : document intercalaire</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention<br/>           E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.<br/>           D : cité dans la demande<br/>           L : cité pour d'autres raisons<br/>           .....<br/>           &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> </div> </div> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                  |                                                                    |

# **ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO.   FR 2208487   FA 910954**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **09-03-2023**  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche |           | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|-------------------------------------------------|-----------|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| <b>WO 0200440</b>                               | <b>A2</b> | <b>03-01-2002</b>      | <b>AU 6779801 A</b>                     | <b>08-01-2002</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>US 6616051 B1</b>                    | <b>09-09-2003</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>WO 0200440 A2</b>                    | <b>03-01-2002</b>      |
| -----                                           |           |                        |                                         |                        |
| <b>EP 0017652</b>                               | <b>A1</b> | <b>29-10-1980</b>      | <b>AUCUN</b>                            |                        |
| -----                                           |           |                        |                                         |                        |
| <b>FR 2664073</b>                               | <b>A1</b> | <b>03-01-1992</b>      | <b>CA 2045818 A1</b>                    | <b>30-12-1991</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>EP 0463930 A1</b>                    | <b>02-01-1992</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>FR 2664073 A1</b>                    | <b>03-01-1992</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>JP H04233095 A</b>                   | <b>21-08-1992</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>US 5313193 A</b>                     | <b>17-05-1994</b>      |
| -----                                           |           |                        |                                         |                        |
| <b>WO 9616376</b>                               | <b>A1</b> | <b>30-05-1996</b>      | <b>AU 700191 B2</b>                     | <b>24-12-1998</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>EP 0793832 A1</b>                    | <b>10-09-1997</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>IL 116125 A</b>                      | <b>14-07-1999</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>TW 287261 B</b>                      | <b>01-10-1996</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>WO 9616376 A1</b>                    | <b>30-05-1996</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>ZA 959988 B</b>                      | <b>17-07-1996</b>      |
| -----                                           |           |                        |                                         |                        |
| <b>WO 2004065134</b>                            | <b>A2</b> | <b>05-08-2004</b>      | <b>AU 2003270253 A1</b>                 | <b>13-08-2004</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>BR 0318005 A</b>                     | <b>29-11-2005</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>CA 2512219 A1</b>                    | <b>05-08-2004</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>CN 1732094 A</b>                     | <b>08-02-2006</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>EA 200501138 A1</b>                  | <b>24-02-2006</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>EP 1583666 A2</b>                    | <b>12-10-2005</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>JP 2006515810 A</b>                  | <b>08-06-2006</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>KR 20050094848 A</b>                 | <b>28-09-2005</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>MX PA05007627 A</b>                  | <b>30-09-2005</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>NZ 540869 A</b>                      | <b>30-03-2007</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>US 2006051494 A1</b>                 | <b>09-03-2006</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>WO 2004065134 A2</b>                 | <b>05-08-2004</b>      |
|                                                 |           |                        | <b>ZA 200505690 B</b>                   | <b>26-04-2006</b>      |
| -----                                           |           |                        |                                         |                        |
| <b>US 4765655</b>                               | <b>A</b>  | <b>23-08-1988</b>      | <b>AUCUN</b>                            |                        |
| -----                                           |           |                        |                                         |                        |