

Module électronique luminescent pour carte à puce

L'invention concerne un module électronique luminescent pour carte à
5 puce, et une carte à puce intégrant un tel module.

État de la technique

Le marché des modules électroniques pour carte à puce est constamment
à la recherche de solutions techniques permettant de perfectionner les modules.
10 Dans le domaine des cartes à puce destinées aux applications bancaires et aux
applications d'identification du porteur de carte, les buts principaux visés sont
généralement d'augmenter la sécurité des cartes vis-à-vis de tentatives de
contrefaçon ou de remplacement d'un module authentique par un module
contrefait, ou encore la personnalisation visuelle des modules électroniques afin
15 de mieux les rattacher aux chartes graphiques des différents émetteurs de cartes.

A cet égard, on a déjà cherché dans l'État de la Technique à introduire des
zones colorées dans une partie visible des modules.

Ainsi, le document FR 2964488 A1 prévoit l'ajout d'une diode LED sous le
substrat époxy du module pour rétroéclairer le module lorsqu'il est alimenté
20 électriquement. Cela implique de prendre de l'énergie au circuit radiofréquence du
module pour alimenter la LED, ce qui conduit à impacter les performances de
communication radiofréquence du module électronique de la carte à puce.

Cette méthode présente d'autres contraintes qui limitent fortement son
intérêt et son usage en pratique. En effet, le module électronique doit présenter
25 une surface suffisante pour recevoir et disposer une diode LED en plus de la puce
microélectronique qui gère la sécurité, ce qui exclut l'application de cette
technique à des modules de petite taille. En outre, la matière du substrat du
module doit être transparente à la lumière visible ou au moins translucide pour
laisser passer la lumière émise par LED, et ce genre de substrat est plus coûteux
30 que les supports opaques habituels. Ces restrictions expliquent que malgré le très
grand nombre de cartes à puce en service, en réalité peu ou pas du tout intègrent
une LED à des fins de sécurité ou de personnalisation cosmétique.

Par ailleurs, le document FR 3063414 B1 décrit un module électronique pour carte à puce, pourvu d'un substrat diélectrique, d'un circuit électrique comportant des contacts ISO 7816 et d'un adhésif disposé entre le substrat et le circuit électrique. Ce document enseigne alors d'ajouter un colorant à l'adhésif
5 situé entre le substrat et les contacts métalliques.

Cette technique comporte également plusieurs inconvénients. En effet, les interstices colorés entre les contacts du module restent constamment visibles. Par conséquent, si la couleur de la colle dans les interstices entre les contacts métalliques devait être utilisée à des fins de sécurité, cet usage ne serait pas très
10 discret, car un dispositif de sécurité doit généralement être discret pour être efficace.

Une fois identifiée comme dispositif de sécurité, la coloration permanente des interstices peut être assez facilement répliquée par des contrefacteurs pour réaliser des modules électroniques contrefaits. L'adhésif coloré peut aussi être
15 enlevé et remplacé après un chauffage et un démontage du module.

Par ailleurs, une simple coloration de la colle apparente au niveau des interstices des contacts ISO du module est finalement peu visible lorsque les conditions d'éclairage ne sont pas optimales, par exemple dans des environnements relativement peu éclairés. Cela résulte notamment du fait qu'une
20 coloration est visible par une simple réflexion de la lumière ambiante, dans une zone du spectre de la lumière visible.

On connaît aussi par le document WO 2015/049610 A1 une structure de carte à puce comportant un corps multicouche dont l'une des couches peut comporter un élément de sécurité, notamment sous la forme de pigments
25 luminescents. Par conséquent, ce document n'envisage pas l'intégration de pigments luminescents directement sur le module électronique destiné à être intégré dans une cavité du corps de la carte à puce, ni sans le substrat époxy du module électronique. Par conséquent, l'élément de sécurité décrit dans ce document ne peut être visible qu'à partir du corps de carte, et non pas à partir
30 d'interstices situés entre les contacts du module électronique, ni à travers une ouverture pratiquée dans un contact du module électronique.

Buts de l'invention

Un but général de l'invention est par conséquent de proposer un module électronique pour carte à puce qui soit en mesure de pallier les inconvénients des modules conformes à l'état de la technique.

5 Un but particulier de l'invention est de proposer un module électronique pour carte à puce qui soit pourvu d'un motif de sécurité invisible en temps normal mais qui devient visible uniquement par intermittence ou à la demande lors d'un contrôle.

10 Un autre but particulier de l'invention est de proposer un module électronique possédant un motif de sécurité dont la durée de visibilité puisse être facilement adaptée aux applications visées de la carte à puce.

Un autre but de l'invention est de proposer un module électronique aussi facile à fabriquer que les modules existants, et sans surcoût notable.

15 Un autre but de l'invention est de proposer un module électronique qui ne mette pas en cause les procédés de fabrication classiques et éprouvés des cartes à puce, à savoir le simple report du module électronique dans une cavité du corps de carte, à l'aide de machines existantes.

Résumé de l'invention

20 Dans son principe, l'invention consiste à intégrer un agent luminescent directement dans la matrice diélectrique du circuit imprimé du module électronique, à savoir typiquement un substrat en verre époxy. L'agent luminescent peut notamment être constitué par un pigment particulier, ou par une combinaison adéquate de pigments.

25 A la différence d'une simple réflexion passive de lumière sur un colorant comme cela est connu pour les cartes à puce conformes à l'état de la technique, une luminescence est un phénomène actif qui se traduit par l'émission de photons, et cette émission peut être contrôlée en longueur d'onde ou en durée grâce à un choix approprié des agents luminescents utilisés, ce qui donne une grande
30 diversité d'utilisations en pratique.

En outre cette solution permet de profiter de la grande diversité des types de luminescence existants. Il peut s'agir par exemple d'une photoluminescence en

réaction à un éclairage par une lampe UV, d'une fluorescence, d'une phosphorescence, etc... L'agent luminescent utilisé peut aussi être choisi pour obtenir une luminescence invisible en temps normal mais rendue visible en fonction de conditions d'éclairage spécifiques, ou en fonction d'autres conditions environnementales. Inversement, l'agent luminescent peut être choisi pour être visible par défaut, mais rendu invisible par une modification d'un éclairage ou d'un autre facteur environnemental.

La répartition et le dosage des pigments ou autres agents luminescents forment un spectre de luminescence spécifique identifiable par un laboratoire de sécurité, ou plus simplement visuellement sous un éclairage par un faisceau de lumière UV.

L'invention a par conséquent pour objet un module électronique destiné à être intégré dans une cavité du corps d'une carte à puce, ce module électronique comportant un substrat diélectrique présentant sur une première face un bornier de contacts électriques permettant un fonctionnement par contact avec les contacts correspondants d'un lecteur de carte à puce, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un agent luminescent intégré directement dans la matière du substrat diélectrique et visible ou susceptible d'être rendu visible dans des interstices entre les contacts électriques ou à travers une ouverture aménagée dans un contact électrique du module électronique.

Selon un mode de réalisation, ledit substrat diélectrique comporte plusieurs couches de matière et ledit agent luminescent est alors incorporé à au moins l'une des couches du substrat et visible depuis une face apparente du module électronique.

Selon un mode de réalisation, ledit agent luminescent est visible ou susceptible d'être rendu visible dans des interstices entre les contacts électriques ou à travers une ouverture aménagée dans un contact électrique du bornier.

Selon un mode de réalisation, ledit agent luminescent est susceptible de changer d'apparence sous l'effet d'une excitation transmise par l'environnement.

Ledit changement d'apparence peut notamment consister en un changement de réflectivité, de transparence ou de brillance d'une partie apparente du substrat.

Selon l'invention, ledit agent luminescent est choisi pour changer d'apparence sous l'effet d'une excitation physicochimique, prise notamment parmi un éclairage sous lumière naturelle ou sous lumière ultraviolette, un changement de température ambiante, ou un changement de l'environnement chimique du module.

5 Selon des variantes de réalisation, ledit agent luminescent est choisi pour produire un changement d'apparence irréversible, ou un changement d'apparence réversible, ou temporaire pendant une durée prédéterminée.

Selon des variantes de réalisation, ledit agent luminescent est choisi pour présenter un effet de luminescence soit pendant des temps courts, inférieurs à
10 quelques millisecondes de façon à être invisible par l'œil humain, soit pendant des temps longs pour assurer une visibilité rémanente, par exemple de quelques heures ou jours.

Selon des modes de réalisation, ledit agent luminescent est constitué par au moins un pigment luminescent pris parmi les pigments fluorescents,
15 photoluminescents, phosphorescents, chimio-luminescents, ou thermo-luminescents.

En particulier, ledit agent luminescent peut être un pigment photoluminescent choisi pour devenir visible sous un éclairage de longueur d'onde ultraviolette.

20 Selon un mode de réalisation, ledit pigment luminescent est choisi pour être normalement invisible mais susceptible d'être révélé de manière visible dans des conditions prédéterminées d'environnement.

Selon un mode de réalisation, ledit agent luminescent est choisi pour produire un changement d'apparence réversible, ou temporaire pendant une durée
25 prédéterminée.

Selon un mode de réalisation, on utilise un agent luminescent ou une combinaison de plusieurs pigments luminescents choisis pour émettre une luminescence dans une première gamme de longueurs d'onde sous une excitation UV, et pour émettre dans une autre gamme de longueurs d'onde sous une autre
30 excitation.

Alternativement, on pourra utiliser un seul pigment luminescent émettant une première couleur sous une excitation UV, et une autre couleur une fois placé dans l'obscurité.

Selon un mode de réalisation, l'agent luminescent est contenu dans des capsules de protection opaques à la lumière visible et/ou dans le spectre ultraviolet, c'est-à-dire à des longueurs d'ondes comprises entre 380 et 750 nanomètres pour le spectre visible et entre 120 et 380 nanomètres pour le spectre UV, l'agent luminescent pouvant être activé ou désactivé lors du balayage du module électronique par un faisceau laser. Ces capsules de protection peuvent être monocouche ou multicouches, et réalisées en matériaux sensiblement étanches ou du moins présentant une barrière à l'humidité et/ou une barrière thermique. De ce fait elles sont aptes à éviter l'hydrolyse de l'agent luminescent ou sa dégradation par une température excessive.

Selon un mode de réalisation, ledit agent luminescent contient des pigments thermo-chromiques qui deviennent visibles du fait d'un dégagement de chaleur lors d'une transaction électronique.

Selon un mode de réalisation, ledit agent luminescent comporte un ensemble de pigments différenciés dont la répartition et le dosage sont choisis pour former un spectre de luminescence spécifique identifiable par un examen visuel ou un laboratoire de sécurité.

Selon un mode de réalisation, ledit agent luminescent est visible à travers une fenêtre d'une face du module, en forme de logo, de motif de sécurité ou de caractère alphanumérique.

Selon un mode de réalisation, la couleur principale de la luminescence de l'agent luminescent est la même que la couleur du corps de carte.

L'invention a également pour objet une carte à puce, caractérisée en ce qu'elle comporte un module électronique tel que décrit plus haut.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée et des dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en plan d'un module électronique pour carte à puce, comportant un substrat luminescent conformément à un premier mode de réalisation de l'invention, et éclairé en lumière naturelle ;

- la figure 2 est une vue en plan d'un module électronique pour carte à puce, conforme à un second mode de réalisation de l'invention, comportant un substrat phosphorescent ;
- la figure 3 est une vue en coupe du module électronique de la figure 2 ;
- 5 - la figure 4 est une vue en plan d'un troisième mode de réalisation d'un module électronique selon l'invention, pourvu d'un substrat luminescent sensible à un éclairage ultraviolet ;
- la figure 5 est une vue en plan d'une version modifiée du module électronique de la figure 4.

10

Description détaillée

La Figure 1 représente une vue en plan d'un module électronique 1 pour carte à puce, conforme à un premier mode de réalisation de l'invention. Ce module 1 comporte un substrat 2 sur lequel est collé un film métallique formant des contacts 3 au format ISO 7816 permettant d'interagir avec les contacts correspondants d'un lecteur de carte à puce. Le substrat 2 est visible au niveau des interstices 4 entre les contacts métalliques 3 et au niveau de découpes 5 aménagées dans le contact métallique central 6.

Selon l'invention, le substrat 2 du module électronique intègre un agent luminescent directement dans sa masse, et la surface du module 1 comporte au moins une zone dans laquelle ce substrat luminescent est visible. Dans l'exemple représenté en figure 1, la zone visible du substrat correspond aux interstices 4 entre les contacts métalliques 3, et à des découpes 5 dans la partie métallique centrale 6 du module électronique. En l'occurrence, ces découpes 5 correspondent à un logo symbolisant que le module fonctionne également en mode sans contact. Bien entendu, n'importe quelle autre forme de découpe 5 du film métallique (motif, logo, caractère alphanumérique, etc.) pourrait convenir, dans la mesure où elle laisse apparaître le substrat luminescent 2. Dans l'exemple de la figure 1, le substrat 2 est luminescent sous un simple éclairage sous une lumière naturelle, dans le spectre visible.

Afin de rendre le substrat 2 luminescent, plusieurs méthodes sont envisageables.

La luminescence est une émission de lumière dite « froide » par opposition à l'incandescence qui est dite « chaude ». La lumière émise par luminescence résulte d'interactions entre des particules électriquement chargées. Dans les cas les plus fréquents, ce sont des transitions électroniques ayant lieu dans des atomes, des molécules ou des cristaux qui provoquent l'émission de photons. L'énergie libérée sous forme de lumière lors de la transition peut être initialement fournie sous forme électrique, chimique, mécanique, thermique ou lumineuse. On distingue différents types de luminescence selon le mode d'excitation initial.

Par ailleurs, la fluorescence et la phosphorescence sont deux formes différentes de luminescence qui se distinguent notamment par la durée de l'émission lumineuse après excitation : la fluorescence cesse très rapidement, elle peut être de quelques microsecondes et par conséquent rester invisible pour un œil humain, tandis que la phosphorescence perdure plus longtemps. On pourra choisir l'un ou l'autre phénomène en fonction de l'application visée.

L'agent luminescent peut notamment être pris parmi les compositions fluorescentes décrites dans le document WO 2019202278 A1.

Selon d'autres exemples de fabrication, l'agent luminescent peut être constitué par des matériaux inorganiques dopés avec des ions de terres rares ou des métaux de transition. Il peut s'agir notamment de verres ou cristaux (aluminates, silicates, titanates, fluorures) dopés avec des ions tels que l'Europium Eu^{3+} , le Cérium Ce^{3+} , le Manganèse Mn^{4+} , le Chrome Cr^{3+} , selon des méthodes de dopage connues.

L'agent luminescent pourrait encore être constitué par des alliages de strontium dopés avec l'ion Europium, ou un verre ou un cristal de grenat aluminium yttrium (YAG) dopé avec de l'Erbium, du Néodyme, ou du Cérium.

Selon d'autres exemples de réalisation, l'agent luminescent peut être constitué de matériaux semi-conducteurs à effet quantique, ou par des matériaux organiques ou des complexes organiques-inorganiques fluorochromes, comportant soit des terres rares, soit des acides aminés aromatiques (par exemple la phénylalanine), des polyphénols (par exemple l'acide gallique), des chlorophylles, ou des hétérocycles aromatiques (par exemple la tétraphénylporphyrine).

On peut également utiliser des combinaisons des agents luminescents précités, ce qui permet de faire varier les effets de luminescence en fonction des effets recherchés.

5 A titre d'exemple, on pourra combiner des matériaux qui vont émettre une luminescence dans une première gamme de longueurs d'onde sous une excitation UV, puis une autre gamme de longueurs d'onde lorsqu'ils seront placés dans l'obscurité.

10 Certains agents luminescents sont sensibles à la température ou à l'humidité ambiante. Il peut alors être utile de les protéger en les enfermant dans des capsules protectrices en silice, alumine ou en un polymère étanche tel qu'une polyoléfine. Cela permettra d'éviter l'hydrolyse de l'agent luminescent ou sa dégradation par une température excessive, et permettra de conserver une bonne transparence à l'excitation UV.

15 L'enrobage peut aussi se faire dans un matériau thermoplastique telle qu'une polyoléfine, dont l'avantage réside dans le fait qu'elle pourra être fondue à une température assez basse (par exemple 145°C à 175°C pour un Polypropylène) pour désactiver localement la luminescence.

20 L'agent luminescent ainsi formé et protégé est distribué dans le substrat diélectrique du circuit imprimé du module électronique pour carte à puce, qui devient ainsi luminescent sous une exposition à une lumière UV.

25 Alternativement l'enrobage de l'agent luminescent est réalisé par un matériau opaque aux longueurs d'ondes de l'excitation ou de l'émission et dégradable, par exemple, lors du passage d'un faisceau laser. L'enrobage peut être multicouches selon l'effet recherché, par exemple pour activer une zone sous l'effet d'une excitation UV, tout en gardant l'isolation contre l'humidité et/ou contre la température.

Selon la combinaison choisie pour les agents luminescents, la durée de vie de la luminescence est choisie assez courte et s'arrête quasiment avec l'exposition, ou alors prolongée après l'excitation pour émettre pendant plusieurs heures.

30 Pour obtenir un effet radiatif de longue durée après l'excitation UV ou visible, une solution consiste à co-doper le cristal hôte formant le substrat du circuit intégré, avec un second dopant. On pourra par exemple co-doper l'aluminate de

Strontium avec un second dopant constitué par l'ion Dysprosium Dy³⁺. Le second dopant complète alors les défauts cristallins à proximité de la bande conduction du dopant hôte pour former des pièges destinés aux électrons libérés. La matière supplémentaire apportée par le co-dopant va alors permettre de maintenir plus
5 longtemps l'émission.

Selon un mode de réalisation, la couleur principale de la luminescence peut être la même que celle du corps de carte, ou bien une couleur contrastant avec celle du corps de carte.

Par ailleurs, la structure du substrat 2 en matériau diélectrique peut être
10 monolithique, ou bien multicouche. Dans ce dernier cas, la matière luminescente sera intégrée dans une couche du substrat 2, visible sur la face externe de celui-ci, soit directement, soit à travers une autre couche superposée qui sera alors transparente ou pourvue d'une découpe.

Les pigments luminescents eux-mêmes pourront être contenus dans des
15 capsules opaques aux rayons UV, susceptibles d'être dégradées lors d'un marquage par un rayon laser, par exemple pendant une phase de personnalisation du module. Dans ce cas, un balayage laser de la surface du module, en particulier de la zone potentiellement luminescente (comme la zone des interstices 4 ou des découpes 5), permettra de libérer les pigments et d'activer la luminescence localisée du module.
20 Ce procédé permettra aussi une sérialisation des modules en utilisant un balayage différencié par le faisceau laser entre des modules successifs ou des groupes successifs de modules.

Inversement, on pourra choisir des pigments initialement luminescents, qui seraient détruits sélectivement lors du passage d'un rayon laser, de sorte que la
25 zone du substrat balayée par le laser ne serait plus luminescente après son passage.

Selon une autre variante envisageable, on utilisera des pigments phosphorescents qui se chargent à la lumière du jour et émettent de la lumière une fois placés dans l'obscurité.

30 Selon une autre variante envisageable, il serait possible de faire dépendre la luminescence du module en fonction de son implication dans une transaction effectuée avec la carte à puce. A titre d'exemple, l'utilisation dans le substrat de

pigments thermo-chromiques permettra d'activer leur luminescence à l'aide de la chaleur dégagée lors d'une transaction avec la carte à puce devant un lecteur radiofréquence.

Dans l'exemple représenté en figure 2, semblable à l'exemple de la figure 1, le substrat 2 intègre un agent luminescent par phosphorescence, qui émet au niveau des interstices 4 et des découpes 5, des photons visibles, schématisés par les flèches 7.

Dans la figure 3 on a représenté une vue en coupe du module électronique de la figure 2, selon un plan de coupe noté C-C. De façon connue, ce module 1 comporte un bornier métallique présentant des zones de contact 3, 6, collées sur la face supérieure du substrat 2. Une puce microélectronique 8 est collée sur la face inférieure du substrat 2, au moyen d'une fine couche de colle 9. La face inférieure du substrat 2 porte également les spires 12 d'une antenne. Il s'agit donc en l'occurrence d'un module à fonctionnement mixte à contact et sans contact avec lecteur de carte à puce. Les plots de connexion des interfaces de communication de la puce microélectronique 8 sont connectés par des fils conducteurs 11, soit à la face arrière des bornes métalliques 3, soit aux extrémités de l'antenne 12. De façon connue, la puce microélectronique 8 et ses connexions aux bornes métalliques 3 ou à l'antenne 12 sont protégées par une goutte de résine d'encapsulation 10.

Selon l'invention, le substrat 2 du module électronique n'est pas un substrat en matériau diélectrique classique tel que de l'époxy pur. Au contraire, le matériau diélectrique intègre directement dans sa masse des agents luminescents, sous forme de particules représentées par des points répartis aléatoirement dans l'épaisseur du substrat 2. Ces agents luminescents sont notamment choisis parmi ceux mentionnés précédemment, mais sans aucun caractère limitatif.

En figure 4 on a représenté un mode de réalisation d'un module électronique similaire à celui de la figure 2, mais on a remplacé le substrat phosphorescent par un substrat 2 intégrant un agent luminescent sous un éclairage ultraviolet, schématisé par les flèches 13. Les zones 4, 5 visibles du substrat répondent à cette excitation ultraviolette par un effet de luminescence qui dépendra des agents luminescents utilisés dans le substrat 2.

La figure 5 représente un mode de réalisation similaire à celui de la figure 4, à ceci près que les agents luminescents ne sont plus intégrés sur la totalité de la surface du substrat 2, mais uniquement à une zone du substrat 2 située sous les découpes 5 de la zone central 6 du module.

5 Bien entendu, beaucoup d'autres modes de réalisation sont possibles en pratique, tout en restant dans le cadre fixé par la présente invention.

Avantages de l'invention

En définitive, l'invention atteint les buts fixés. Elle permet d'augmenter la
10 sécurité des modules électroniques pour cartes à puce contre les tentatives de contrefaçon, du fait de l'intégration au substrat du module lui-même de pigments très spécifiques pouvant être activés ou désactivés à la demande par une lampe UV ou un faisceau laser spécifique, et/ou détectés par des moyens de contrôle ad hoc.

En outre, l'effet de luminescence peut être activé ou désactivé à la demande,
15 ou par intermittence.

Aucune LED ou équivalent ne doit être intégrée au module, la solution selon l'invention n'a donc pas d'impact négatif sur les performances radiofréquence du module et de la carte à puce.

Par ailleurs, l'intégration de pigments luminescents dans le substrat du
20 module est sans incidence sur le procédé d'assemblage du module dans le corps de la carte à puce. Il suffit à cet égard, pour fabriquer une carte à puce, de simplement reporter le module pourvu de son substrat luminescent dans un corps de carte à puce, ce qui est aisé à réaliser avec un faible coût et une grande fiabilité avec la plupart des machines d'encartage classiques utilisées pour la fabrication des
25 cartes à puce à contact.

REVENDICATIONS

1. Module électronique (1) destiné à être intégré dans une cavité du
5 corps d'une carte à puce, ce module électronique (1) comportant un substrat
diélectrique (2) présentant sur une première face un bornier de contacts électriques
(3,6) permettant un fonctionnement par contact avec les contacts correspondants
d'un lecteur de carte à puce, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un agent
luminescent intégré directement dans la matière du substrat diélectrique (2) et
10 visible ou susceptible d'être rendu visible dans des interstices (4) entre les contacts
électriques (3,6) ou à travers une ouverture (5) aménagée dans un contact
électrique (3,6) du module électronique (1).

2. Module électronique (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que
ledit substrat diélectrique (2) comporte plusieurs couches de matière et en ce que
15 ledit agent luminescent est incorporé à au moins l'une des couches du substrat
diélectrique (2) et visible sur une face apparente du module électronique (1).

3. Module électronique (1) selon l'une quelconque des revendications
précédentes, caractérisé en ce que ledit agent luminescent est susceptible de
changer d'apparence sous l'effet d'une excitation transmise par l'environnement.

20 4. Module électronique (1) selon la revendication 3, caractérisé en ce que
ledit changement d'apparence consiste en un changement de réflectivité, de
transparence ou de brillance d'une partie apparente du substrat diélectrique (2).

5. Module électronique (1) selon l'une quelconque des revendications
précédentes, caractérisé en ce que ledit agent luminescent est choisi pour changer
25 d'apparence sous l'effet d'une excitation physicochimique prise parmi un éclairage
sous lumière naturelle ou sous lumière ultraviolette, un changement de température
ambiante, ou un changement de l'environnement chimique du module.

6. Module électronique (1) selon l'une quelconque des revendications
précédentes, caractérisé en ce que ledit agent luminescent est choisi pour produire
30 un changement d'apparence irréversible.

7. Module électronique (1) selon l'une quelconque des revendications 1
à 5, caractérisé en ce que ledit agent luminescent est choisi pour produire un

changement d'apparence réversible, ou temporaire pendant une durée prédéterminée.

8. Module électronique (1) selon la revendication 7, caractérisé en ce que ledit agent luminescent est choisi pour présenter un effet de luminescence soit pendant des temps courts, inférieurs à quelques millisecondes de façon à être invisible par l'œil humain, soit pendant des temps longs pour assurer une visibilité rémanente.

9. Module électronique (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit agent luminescent est constitué par au moins un pigment luminescent pris parmi les pigments fluorescents, photoluminescents, phosphorescents, chimio-luminescents, ou thermo-luminescents.

10. Module électronique (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit agent luminescent est un pigment photoluminescent choisi pour devenir visible sous un éclairage de longueur d'onde ultraviolette.

11. Module électronique (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit pigment luminescent est choisi pour être normalement invisible mais susceptible d'être révélé de manière visible dans des conditions prédéterminées d'environnement.

12. Module électronique (1) selon l'une quelconque des revendications 10 ou 11, caractérisé en ce qu'il comporte un agent ou une combinaison d'agents luminescents choisis pour émettre une luminescence dans une première gamme de longueurs d'onde sous une excitation UV, et pour émettre une luminescence dans une autre gamme de longueurs d'onde lorsqu'ils sont placés dans l'obscurité.

13. Module électronique (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'agent luminescent est contenu dans des capsules de protection opaques à la lumière visible ou dans le spectre ultraviolet, l'agent luminescent pouvant être activé ou désactivé lors du balayage du module électronique (1) par un faisceau laser.

14. Module électronique (1) selon la revendication 13, caractérisé en ce que lesdites capsules de protection sont monocouche ou multicouches, et réalisées

en matériaux présentant une barrière à l'humidité ou une barrière thermique, aptes à éviter l'hydrolyse de l'agent luminescent ou sa dégradation par une température excessive.

15 15. Module électronique (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit agent luminescent contient des pigments thermo-chromiques qui deviennent visibles du fait d'un dégagement de chaleur lors d'une transaction électronique.

10 16. Module électronique (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit agent luminescent comporte un ensemble de pigments différenciés dont la répartition et le dosage sont choisis pour former un spectre de luminescence spécifique identifiable par un examen visuel ou un laboratoire de sécurité.

15 17. Module électronique (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit agent luminescent est visible à travers une fenêtre d'une face du module, en forme de logo, de motif de sécurité ou de caractère alphanumérique.

18. Module électronique (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couleur principale de la luminescence est la même que celle du corps de carte.

20 19. Document de sécurité, notamment carte à puce, caractérisé en ce qu'il comporte un module électronique (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes.