

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 29.08.97.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la
demande : 05.03.99 Bulletin 99/09.

(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 :

(71) Demandeur(s) : CANON KABUSHIKI KAISHA — JP.

(72) Inventeur(s) : PIRET PHILIPPE et LE DANTEC
CLAUDE.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : RINUY SANTARELLI.

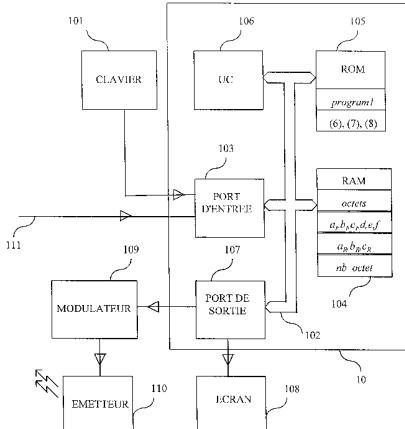
(54) PROCÉDES ET DISPOSITIFS DE CODAGE ET DE DECODAGE ET APPAREILS LES METTANT EN OEUVRE.

(57) Le dispositif de codage fournit des mots de code pour
un canal de
transmission utilisant des symboles d'un premier alpha-
bet.

Le décodage de ces mots de code met en oeuvre des
symboles d'un deuxième alphabet contenant le premier al-
phabet, le cardinal du deuxième alphabet étant strictement
supérieur à celui du premier alphabet sans en être une puis-
sance entière.

Le dispositif de codage comporte:

- une entrée de symboles « primaires » appartenant au premier alphabet;
- des moyens de traitement qui:
 - . déterminent des symboles de redondance susceptibles de permettre un décodage des mots de code formés des symboles primaires et des symboles de redondance, sur le deuxième alphabet;
 - . résolvent un système d'équations exprimant que les-
dits symboles de redondance sont dans le premier alpha-
bet.



La présente invention concerne un procédé et un dispositif de codage, un procédé et un dispositif de décodage et des appareils les mettant en oeuvre. En particulier l'invention vise à générer des mots de code appartenant à un code de Reed-Solomon sur un corps de Galois possédant q 15 éléments, les mots de codes générés ayant tous leurs symboles dans un sous-alphabet de ce corps de Galois.

15 Ce procédé est particulièrement appliqué à des codes de Reed-Solomon sur un corps de Galois à 256 éléments et un sous-alphabet de ce corps comportant 64 éléments.

20 Les codes séparables à distance maximale constituent une famille de codes de correction d'erreur particulièrement intéressante. Ces codes sont définis sur un alphabet F muni d'une structure de corps de Galois $GF(q)$ où q est une puissance d'un nombre premier p .

25 Comme tous les codes linéaires, les codes séparables à distance maximale peuvent être définis par une matrice génératrice ou par une matrice de contrôle. Des constructions connues pour de telles matrices correspondant effectivement à des codes séparables à distance maximale sont la construction dite de Vandermonde ou encore celle de Cauchy [Mac Williams et Sloane].

30 L'usage concret d'un code nécessite l'utilisation d'un codeur, c'est-à-dire d'un dispositif qui, pour un code de type (n,k) fait correspondre à chaque k -uple d'informations $u = (u_1, \dots, u_k)$ sur $GF(q)$ un n -uple codé $v = (v_1, \dots, v_n)$, dit

« mot codé », qui représente u et qui est transmis à sa place. De ce point de vue, on établit une distinction entre codeurs systématiques et codeurs non systématiques. Un codeur est dit systématique si les k composantes u_i de u apparaissent non modifiées comme composante $v_{j(i)}$ du mot codé v 5 représentant u .

On observe que si $k \geq 4$ ou $k \leq n-4$, des codes séparables à distance maximale sur $GF(q)$ ne sont connus que pour $n \leq q+1$, et que le cas $n = q - 1$ est particulièrement intéressant. On trouve sur le marché des composants électroniques de nombreux décodeurs décodant des codes 10 séparables à distance maximale et fonctionnant sur un alphabet à 256 éléments, chacun de ces éléments étant identifié à un octet binaire différent, et ledit alphabet étant structuré en le corps de Galois possédant 256 éléments souvent noté $GF(256)$.

Pour la transmission d'informations à distance, les modulations 15 d'amplitudes en quadrature permettent un haut débit de transmission. Ces modulations possèdent, par exemple, une constellation de 64 signaux, telle que chacune des deux composantes portées par les amplitudes en quadrature de phase peut prendre huit valeurs différentes. L'alphabet naturel associé à ce type de modulation possède donc 64 éléments.

20 L'homme du métier qui souhaite utiliser la modulation d'amplitude en quadrature à 64 éléments est d'abord incité à utiliser un code de Reed-Solomon défini sur un corps de Galois à 64 éléments. Cependant le nombre de symboles des mots de code est limité à 65, ce qui peut être trop faible pour certaines applications.

25 On peut aussi utiliser un code connu de l'homme du métier sous le nom de BCH défini sur le corps de Galois à 64 éléments. Cependant, cela implique que le décodeur travaille sur un alphabet à $2^{12} = 4096$ éléments, ce qui n'est pas mis en oeuvre dans une technologie classique. En outre, pour une capacité de correction donnée, la redondance est alors le plus souvent proche 30 du double de ce qu'elle est dans le cas de codes de Reed-Solomon, puisque

sur GF(64), $x^{4095} - 1$ factorise en le produit de 63 polynômes de degré 1 et 2016 polynômes irréductibles de degré 2.

La présente invention entend notamment spécifier une procédure systématique d'encodage de séquences d'informations binaires telle que les 5 mots du code sont des mots d'un code séparable à distance maximale sur le corps de Galois à 256 éléments, dit « deuxième alphabet », et satisfont, en plus, la condition que seulement 64 des 256 symboles de cet alphabet peuvent être utilisés, aussi bien comme symboles de redondance que comme symboles d'information. Les 64 symboles du deuxième alphabet qui sont ainsi utilisés 10 sont appelés « premier alphabet ».

Ainsi, le décodeur peut être réalisé avec un composant du commerce déjà produit, à la date de l'invention, en grandes quantités et, par conséquent, de faible coût, tout en utilisant un canal de transmission à modulations d'amplitudes en quadrature possédant 64 éléments.

15 Pour une capacité de correction donnée, la redondance nécessaire sera alors égale à quatre tiers de celle nécessaire avec un code de Reed-Solomon utilisant un alphabet à 256 éléments.

On connaît le document EP-0 290 349 (Weng Lih-Jih). Dans celui-ci, étant donné un sous-alphabet à 256 éléments d'un corps de Galois à 20 1024 éléments, on représente chaque information à encoder par k - l symboles du sous-alphabet auquel on ajoute l pseudo-information arbitraires en testant les séquences de l informations arbitraires jusqu'à ce que les mots de code ne possèdent que des symboles du sous-alphabet, le nombre l étant choisi dans le but qu'au moins une telle séquence donne le résultat recherché.

25 Le but de ce document EP-0 290 349 est de conserver un format d'octet pour les informations et pour les redondances, et de construire des codes de correction d'erreur efficaces avec peu de redondance, pour encoder de longues séquences d'informations.

Le document EP-0 290 349 présente de nombreux inconvénients : 30 il ne suggère pas d'utiliser un décodeur travaillant sur un corps de Galois à 256 éléments, la détermination des pseudo-information n'est pas optimisée, le

nombre de ces pseudo-information n'est pas connu au début de leur recherche et celle-ci est empirique et basée sur une succession d'essais et de vérifications. Les procédures d'essai successives à mettre en oeuvre pour déterminer la séquence de 1 pseudo-information sont longues et elles ne 5 permettent donc pas un encodage rapide des informations. Un autre mode de réalisation exposé par le document EP-0 290 349 présente l'utilisation d'une table de correspondance, ce qui implique la mise en oeuvre d'une mémoire morte dont la capacité, à la date de la présente invention, est irréalisable sauf pour de très petites valeurs de la redondance.

10 L'invention entend remédier à ces inconvénients en proposant en une seule étape, de déterminer un mot de code dont tous les symboles appartiennent à un sous-alphabet à 64 éléments.

15 Cette procédure peut être mise en relation avec l'article « Codes between BCH and RS codes », Ch. Couvreur et Ph. Piret, de la revue PHILIPS JOURNAL OF RESEARCH n°. 39, pages 195-205, publié en 1984. Dans cet article, des codes de dimension déterminée satisfaisant les mêmes contraintes furent suggérés dans le cadre de protection d'erreur inégale, c'est-à-dire dans le cadre d'un problème technique sans relation avec la présente invention.

20 A cet effet, l'invention vise, selon un premier aspect, un dispositif de codage fournissant des mots de code dont les symboles sont susceptibles de moduler une grandeur physique sur un canal de transmission utilisant des symboles d'un premier alphabet, le décodage de ces mots de code mettant en oeuvre des symboles d'un deuxième alphabet contenant le premier alphabet, le cardinal du deuxième alphabet étant strictement supérieur à celui du premier 25 alphabet et n'étant pas une puissance entière du cardinal du premier alphabet, dispositif caractérisé en ce qu'il comporte :

- une entrée de symboles dits « primaires » appartenant au premier alphabet ;
- des moyens de traitement adaptés à :

30 . déterminer des symboles de redondance susceptibles de permettre un décodage des mots de code constitués des symboles primaires et des

symboles de redondance, par un décodeur travaillant sur le deuxième alphabet ;

. résoudre un système d'équations exprimant les contraintes à respecter pour que lesdits symboles de redondance soient dans le premier alphabet,

5 - une sortie des symboles des mots de code.

Corrélativement, la présente invention vise, selon un deuxième aspect, un procédé de codage fournissant des mots de code dont les symboles sont susceptibles de moduler une grandeur physique sur un canal de transmission utilisant des symboles d'un premier alphabet, le décodage de ces mots de code mettant en oeuvre des symboles d'un deuxième alphabet contenant le premier alphabet, le cardinal du deuxième alphabet étant strictement supérieur à celui du premier alphabet et n'étant pas une puissance entière du cardinal du premier alphabet,

procédé caractérisé en ce qu'il comporte :

15 - une étape d'entrée de symboles dits « primaires » appartenant au premier alphabet ;

- une étape de détermination de symboles de redondance susceptibles de permettre un décodage des mots de code formés des symboles primaires et des symboles de redondance, par un décodeur travaillant sur un deuxième alphabet comportant le premier alphabet et des symboles n'appartenant pas au premier alphabet, comportant une opération de résolution d'un système d'équations exprimant les contraintes à respecter pour que les symboles de redondance soient dans le premier alphabet ;

- une étape de sortie des symboles des mots de code.

25 Grâce à ces dispositions, en résolvant le système d'équations exprimant les contraintes que les symboles à coder et les symboles de redondance soient tous dans le premier alphabet, on détermine les symboles de redondance sans avoir à suivre une procédure empirique d'essais et de vérifications.

30 La transmission des mots de code mettant en oeuvre un canal utilisant les symboles du premier alphabet, et le décodage des mots de code

mettant en oeuvre des symboles du deuxième alphabet comportant le premier alphabet, aucun étiquetage des symboles du premier alphabet dans le deuxième alphabet n'est nécessaire.

Selon un troisième aspect, la présente invention vise un dispositif

5 de décodage, caractérisé en ce qu'il comporte :

- une entrée de symboles d'un premier alphabet mis en oeuvre sur un canal de transmission, et

- un moyen de décodage adapté à décoder des symboles d'un deuxième alphabet contenant le premier alphabet, le cardinal du deuxième alphabet étant

10 strictement supérieur à celui du premier alphabet et n'étant pas une puissance entière du cardinal du premier alphabet,

les symboles du deuxième alphabet étant, en entrée du moyen de décodage, constitués de la juxtaposition de symboles du premier alphabet et de symboles prédéterminés.

15 Corrélativement, selon un quatrième aspect, la présente invention vise un procédé de décodage, caractérisé en ce qu'il comporte :

- une étape d'entrée de symboles d'un premier alphabet mis en oeuvre sur un canal de transmission, et

- une étape de décodage, au cours de laquelle on décode des symboles d'un

20 deuxième alphabet contenant le premier alphabet, le cardinal du deuxième alphabet étant strictement supérieur à celui du premier alphabet et n'étant pas une puissance entière du cardinal du premier alphabet,

les symboles du deuxième alphabet décodés au cours de l'étape de décodage étant constitués de la juxtaposition de symboles du premier alphabet et de

25 symboles prédéterminés.

La présente invention vise aussi un système d'émission, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de codage tel que succinctement exposé ci-dessus et un moyen d'émission d'un signal modulant ladite grandeur physique représentative des symboles des mots de code générés par ledit 30 dispositif de codage.

La présente invention vise aussi un ordinateur et un dispositif de capture comportant un capteur, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de codage tel que succinctement exposé ci-dessus.

La présente invention vise, encore, un système de réception, 5 caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de décodage tel que succinctement exposé ci-dessus et un moyen de réception de signaux en provenance du canal de transmission.

Les avantages des dispositif et procédé de décodage et des systèmes d'émission, ordinateur, dispositif de capture et système de réception 10 étant les mêmes que ceux du dispositif de codage, ces avantages ne sont pas rappelés ici.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, faite en regard des dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente un dispositif de codage et d'émission selon 15 la présente invention,
- la figure 2 représente un dispositif de réception et de décodage selon la présente invention, et
- la figure 3 représente un organigramme de fonctionnement du dispositif de codage et d'émission illustré en figure 1.

20 Avant de commencer la description du dispositif de codage et d'émission illustré en figure 1, il est indispensable d'exposer les fondements théoriques qui garantissent la qualité du fonctionnement de ce dispositif.

Chaque élément d'un corps de Galois à 256 élément peut être étiqueté par un polynôme en α de degré 7 possédant des coefficients binaires. 25 La multiplication dans ce corps de Galois peut alors s'effectuer en tenant compte de l'équation $\alpha^8 = \alpha^4 + \alpha^3 + \alpha^2 + 1$. Nous pouvons alors définir un code de Reed-Solomon par une matrice de contrôle H telle que :

$$H = \begin{vmatrix} 1 & \alpha & \alpha^2 & \dots & \alpha^{(n-1)} \\ 1 & \alpha^2 & \alpha^4 & \dots & \alpha^{2(n-1)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \alpha^r & \alpha^{2r} & \dots & \alpha^{r(n-1)} \end{vmatrix} \quad (1)$$

formule dans laquelle l'entier n est inférieur ou égal à 255 et représente le nombre de symboles des mots du code.

5 Un mot du code est défini comme une séquence $v=(v_0, v_1, v_2, \dots, v_{n-1})$ de n symboles de l'alphabet dit « deuxième alphabet » à 256 éléments (octets) qui satisfait à l'équation matricielle $v \cdot H^T = 0$, H^T étant la matrice transposée de la matrice H :

$$H^T = \begin{vmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ \alpha & \alpha^2 & \dots & \alpha^r \\ \alpha^2 & \alpha^4 & \dots & \alpha^{2r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha^{(n-1)} & \alpha^{2(n-1)} & \dots & \alpha^{r(n-1)} \end{vmatrix} \quad (2)$$

10

La distance minimale d'un tel code est égale à $r+1$. Ce code permet donc de corriger un nombre d'erreurs égal au plus grand entier égal au plus à $r/2$.

15 Chaque élément d'une constellation à 64 éléments, comme celle de la modulation d'amplitudes en quadrature à 64 éléments, connue sous les noms de 64-QAM ou de MAQ-64, peut être étiqueté par un polynôme à coefficients binaires de degré 5. On s'intéresse ici à ces polynômes binaires de degré 5 qui forment à la fois un étiquetage des éléments de la constellation MAQ-64 et un sous-alphabet, dit « premier alphabet », possédant 64 éléments 20 du corps de Galois à 256 éléments. Chaque symbole de ce sous-alphabet peut être étiqueté par $v_i = a_i + b_i \alpha + c_i \alpha^2 + d_i \alpha^3 + e_i \alpha^4 + f_i \alpha^5$.

Dans ces conditions, l'équation $v.H^T=0$ devient, pour les mots de code possédant n symboles du sous-alphabet :

$$\begin{bmatrix} 1 & \alpha & \alpha^2 & \alpha^3 & \alpha^4 & \alpha^5 \end{bmatrix} \begin{vmatrix} a_0 \dots & a_{n-1} & 1 & 1 & \dots & 1 \\ b_0 \dots & b_{n-1} & \alpha & \alpha^2 & \dots & \alpha^r \\ c_0 \dots & c_{n-1} & \alpha^2 & \alpha^4 & \dots & \alpha^{2r} \\ d_0 \dots & d_{n-1} & \dots & \dots & \dots & \dots \\ e_0 \dots & e_{n-1} & \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_0 \dots & f_{n-1} & \alpha^{(n-1)} & \alpha^{2(n-1)} & \dots & \alpha^{r(n-1)} \end{vmatrix} = 0 \quad (3)$$

5 équation dans laquelle tous les coefficients $a_0 \dots a_{n-1}$, $b_0 \dots b_{n-1}$, $c_0 \dots c_{n-1}$, $d_0 \dots d_{n-1}$, $e_0 \dots e_{n-1}$, $f_0 \dots f_{n-1}$ sont binaires.

En notant maintenant :

$$\begin{aligned} a(x) &= a_0 + a_1 x + a_2 x^2 \dots + a_{n-1} x^{n-1}, \\ b(x) &= b_0 + b_1 x + b_2 x^2 \dots + b_{n-1} x^{n-1}, \\ c(x) &= c_0 + c_1 x + c_2 x^2 \dots + c_{n-1} x^{n-1}, \\ d(x) &= d_0 + d_1 x + d_2 x^2 \dots + d_{n-1} x^{n-1}, \\ e(x) &= e_0 + e_1 x + e_2 x^2 \dots + e_{n-1} x^{n-1}, \text{ et} \\ f(x) &= f_0 + f_1 x + f_2 x^2 \dots + f_{n-1} x^{n-1}, \end{aligned} \quad (4)$$

l'équation (3) devient :

$$\begin{bmatrix} 1 & \alpha & \alpha^2 & \alpha^3 & \alpha^4 & \alpha^5 \end{bmatrix} \begin{vmatrix} a(\alpha) & a(\alpha^2) & \dots & a(\alpha^r) \\ b(\alpha) & b(\alpha^2) & \dots & b(\alpha^r) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(\alpha) & f(\alpha^2) & \dots & f(\alpha^r) \end{vmatrix} = 0 \quad (5)$$

On observe que les six polynômes $a(x)$ à $f(x)$ sont de degré inférieur ou égal à $n-1$.

Dans (3), chaque colonne de la matrice H^T spécifie huit conditions binaires à satisfaire par l'ensemble des six polynômes à coefficients binaires

que sont $a(x), \dots, f(x)$. La résolution de l'équation (3) permet donc de calculer huit fois r informations binaires de redondance à répartir dans ces six polynômes lorsque les autres informations binaires sont spécifiés par l'information à transmettre.

5 Pour un cas particulier de valeur de r égal à 6, et en ajoutant les définitions de a_R, a_I, b_R, b_I, c_R et c_I , données par :

$$\therefore a(x) = a_R(x) + a_I(x),$$

le degré formel du polynôme $a_R(x)$ étant égal à 23 et le coefficient de plus petite puissance de $a_I(x)$ pouvant être non nul étant celui de x^{24} ,

$$10 \quad \therefore b(x) = b_R(x) + b_I(x),$$

le degré formel du polynôme $b_R(x)$ étant égal à 15 et le coefficient de plus petite puissance de $b_I(x)$ pouvant être non nul étant celui de x^{16} , et

$$\therefore c(x) = c_R(x) + c_I(x),$$

15 le degré formel du polynôme $c_R(x)$ étant égal à 7 et le coefficient de plus petite puissance de $c_I(x)$ pouvant être non nul étant celui de x^8 ,

on peut démontrer que la résolution de l'équation matricielle (5) revient à la résolution des trois équations matricielles suivantes :

$$[a_R(\alpha) \ b_R(\alpha) \ c_R(\alpha)] \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \alpha & \alpha^{128} & \alpha^{64} \\ \alpha^2 & \alpha & \alpha^{128} \end{vmatrix} = [a_I(\alpha) \ b_I(\alpha) \ c_I(\alpha) \ d(\alpha) \ e(\alpha) \ f(\alpha)] \cdot G_1 \quad (6)$$

$$\text{où } G_1 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \alpha & \alpha^{128} & \alpha^{64} \\ \alpha^2 & \alpha & \alpha^{128} \\ \alpha^3 & \alpha^{129} & \alpha^{192} \\ \alpha^4 & \alpha^2 & \alpha \\ \alpha^5 & \alpha^{130} & \alpha^{65} \end{vmatrix}$$

$$[a_R(\alpha^3) b_R(\alpha^3)] \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ \alpha & \alpha^{128} \end{vmatrix} = [a_l(\alpha^3) b_l(\alpha^3) c_l(\alpha^3) d_l(\alpha^3) e_l(\alpha^3) f_l(\alpha^3)] \cdot G_2 \quad (7)$$

$$\text{où } G_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ \alpha & \alpha^{128} \\ \alpha^2 & \alpha \\ \alpha^3 & \alpha^{129} \\ \alpha^4 & \alpha^2 \\ \alpha^5 & \alpha^{130} \end{vmatrix}, \text{ et}$$

$$[a_R(\alpha^5)] = [a_l(\alpha^5) b_l(\alpha^5) c_l(\alpha^5) d_l(\alpha^5) e_l(\alpha^5) f_l(\alpha^5)] \cdot G_3 \quad (8)$$

5

$$\text{où } G_3 = \begin{vmatrix} 1 \\ \alpha \\ \alpha^2 \\ \alpha^3 \\ \alpha^4 \\ \alpha^5 \end{vmatrix}$$

Dans ces équations, les informations binaires à coder seront représentées par les coefficients binaires des polynômes a_l , b_l et c_l , d , e , f et les informations binaires de redondance seront représentés par les coefficients binaires des polynômes a_R , b_R et c_R . On observe que les informations binaires de redondance sont ici au nombre de 48, les polynômes a_R , b_R et c_R possédant respectivement 24, 16 et 8 coefficients.

En conséquence, l'encodeur aura à déduire les trois derniers polynômes, a_R , b_R et c_R des coefficients des six premiers polynômes a_l , b_l , c_l , d , e et f . A cet effet, sachant que le degré du polynôme $c_R(x)$ est égal à 7, et que $\alpha^8 = \alpha^4 + \alpha^3 + \alpha^2 + 1$, l'équation (6) est une équation sur des polynômes de

degré 7 et permet donc de déterminer les huit coefficients binaires de $c_R(x)$, selon des méthodes connues.

Ainsi, en résolvant l'équation (6), on peut déterminer les huit coefficients binaires du polynôme $c_R(x)$, huit équations concernant les seize coefficients de $b_R(x)$ et huit équations concernant les vingt-quatre coefficients de $a_R(x)$

Ensuite, $c_R(x)$ étant entièrement déterminé, $c(x)$ l'est aussi et les équations matricielles (6) et (7), qui donnent respectivement les valeurs de $b_R(x)$ en α et en α^3 , permettent de déterminer les seize coefficients binaires de $b_R(x)$. En effet, en résolvant l'équation (7), on obtient huit nouvelles équations concernant les seize coefficients de $b_R(x)$ qui permettent, par résolution des seize équations ainsi obtenues, de déterminer les seize coefficients binaires du polynôme $b_R(x)$. En résolvant l'équation (7), on obtient aussi huit nouvelles équations concernant les vingt-quatre coefficients de $a_R(x)$.

Ensuite, $c_R(x)$ et $b_R(x)$ étant entièrement déterminés, $c(x)$ et $b(x)$ le sont aussi et les équations matricielles (6), (7) et (8), qui donnent respectivement les valeurs de $a_R(x)$ en α , en α^3 et en α^5 , permettent de déterminer les vingt-quatre coefficients binaires de $a_R(x)$. A cet effet, en résolvant l'équation (8), on détermine huit nouvelles équations concernant les vingt-quatre coefficients de $a_R(x)$ et, par résolution des vingt-quatre équations ainsi obtenues, on détermine les vingt-quatre coefficients binaires du polynôme $a_R(x)$.

Selon une variante, en utilisant les notations suivantes :

$a(x) = a_R(x) + a_l(x)$,
 $b(x) = b_R(x) + b_l(x)$,
 $c(x) = c_R(x) + c_l(x)$,
 $d(x) = d_R(x) + d_l(x)$,
 $e(x) = e_R(x) + e_l(x)$,
 $f(x) = f_R(x) + f_l(x)$,
 dans lesquels $a_l(x)$, $b_l(x)$, $c_l(x)$, $d_l(x)$, $e_l(x)$ et $f_l(x)$ sont des polynômes dont les coefficients de plus bas degré qui peuvent être non nuls correspondent au

degré 24, et $a_R(x)$, $b_R(x)$, $c_R(x)$, $d_R(x)$, $e_R(x)$ et $f_R(x)$ sont des polynômes de degré formel 23,

$$m_1(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1 ;$$

$$m_3(x) = x^8 + x^6 + x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + x + 1 ;$$

$$5 \quad m_5(x) = x^8 + x^7 + x^6 + x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + x + 1 ;$$

$a^{(1)}(x)$, $a^{(3)}(x)$ et $a^{(5)}(x)$ étant définis par la condition :

$$a_R(x) = a^{(1)}(x) m_3(x) m_5(x) + a^{(3)}(x) m_1(x) m_5(x) + a^{(5)}(x) m_3(x) m_5(x).$$

$b^{(1)}(x)$, $b^{(3)}(x)$ et $b^{(5)}(x)$ étant définis par la condition :

$$b_R(x) = b^{(1)}(x) m_3(x) m_5(x) + b^{(3)}(x) m_1(x) m_5(x) + b^{(5)}(x) m_3(x) m_5(x).$$

10 $c^{(1)}(x)$, $c^{(3)}(x)$ et $c^{(5)}(x)$ étant définis par la condition :

$$c_R(x) = c^{(1)}(x) m_3(x) m_5(x) + c^{(3)}(x) m_1(x) m_5(x) + c^{(5)}(x) m_3(x) m_5(x).$$

$d^{(1)}(x)$, $d^{(3)}(x)$ et $d^{(5)}(x)$ étant définis par la condition :

$$d_R(x) = d^{(1)}(x) m_3(x) m_5(x) + d^{(3)}(x) m_1(x) m_5(x) + d^{(5)}(x) m_3(x) m_5(x).$$

$e^{(1)}(x)$, $e^{(3)}(x)$ et $e^{(5)}(x)$ étant définis par la condition :

15 $e_R(x) = e^{(1)}(x) m_3(x) m_5(x) + e^{(3)}(x) m_1(x) m_5(x) + e^{(5)}(x) m_3(x) m_5(x).$

$f^{(1)}(x)$, $f^{(3)}(x)$ et $f^{(5)}(x)$ étant définis par la condition :

$$f_R(x) = f^{(1)}(x) m_3(x) m_5(x) + f^{(3)}(x) m_1(x) m_5(x) + f^{(5)}(x) m_3(x) m_5(x).$$

$$a_1^*(x) = a^{(1)}(x) m_3(x) m_5(x) + a_l(x)$$

$$a_3^*(x) = a^{(3)}(x) m_1(x) m_5(x) + a_l(x)$$

$$20 \quad a_5^*(x) = a^{(5)}(x) m_1(x) m_3(x) + a_l(x)$$

...

$$f_1^*(x) = f^{(1)}(x) m_3(x) m_5(x) + f_l(x)$$

$$f_3^*(x) = f^{(3)}(x) m_1(x) m_5(x) + f_l(x)$$

$$f_5^*(x) = f^{(5)}(x) m_1(x) m_3(x) + f_l(x),$$

25 on peut démontrer que la résolution de l'équation matricielle (5) revient à la résolution des trois équations matricielles suivantes :

$$\begin{bmatrix} a^{(1)}(\alpha) & b^{(1)}(\alpha) & c^{(1)}(\alpha) \end{bmatrix} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \alpha & \alpha^{128} & \alpha^{64} \\ \alpha^2 & \alpha & \alpha^{128} \end{vmatrix} = [a_l(\alpha) b_l(\alpha) c_l(\alpha) d_1^*(\alpha) e_1^*(\alpha) f_1^*(\alpha)] \cdot G_4 \quad (9)$$

$$\text{où } G_4 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \alpha & \alpha^{128} & \alpha^{64} \\ \alpha^2 & \alpha & \alpha^{128} \\ \alpha^3 & \alpha^{129} & \alpha^{192} \\ \alpha^4 & \alpha^2 & \alpha \\ \alpha^5 & \alpha^{130} & \alpha^{65} \end{vmatrix}$$

$$[d^{(3)}(\alpha^3) \ e^{(3)}(\alpha^3)] \begin{vmatrix} \alpha^3 & \alpha^{129} \\ \alpha^4 & \alpha^2 \end{vmatrix} = [a_3^*(\alpha^3) \ b_3^*(\alpha^3) \ c_3^*(\alpha^3) \ d_l(\alpha^3) \ e_l(\alpha^3) \ f_3^*(\alpha^3)] \cdot G_5 \quad (10)$$

$$\text{où } G_5 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ \alpha & \alpha^{128} \\ \alpha^2 & \alpha \\ \alpha^3 & \alpha^{129} \\ \alpha^4 & \alpha^2 \\ \alpha^5 & \alpha^{130} \end{vmatrix}, \text{ et}$$

5

$$\alpha^5 \ f^{(5)}(\alpha^5) = [a_5^*(\alpha^5) \ b_5^*(\alpha^5) \ c_5^*(\alpha^5) \ d_5^*(\alpha^5) \ e_5^*(\alpha^5) \ f_l(\alpha^5)] \cdot G_6 \quad (11)$$

$$\text{où } G_6 = \begin{vmatrix} 1 \\ \alpha \\ \alpha^2 \\ \alpha^3 \\ \alpha^4 \\ \alpha^5 \end{vmatrix}$$

En étiquetant les symboles d'information à transmettre correctement, les redondances peuvent être étiquetées par les six polynômes $a^{(1)}(\alpha)$, $b^{(1)}(\alpha)$, $c^{(1)}(\alpha)$, $d^{(3)}(\alpha)$, $e^{(3)}(\alpha)$, $f^{(5)}(\alpha)$, polynômes de degré 7.

La résolution des équations (9), (10) et (11) permet alors de définir 5 ces redondances. On observe que cette variante a pour avantage que les redondances peuvent être déterminées en parallèle, indépendamment les unes des autres. En revanche, cette variante n'est pas systématique pour l'ensemble des symboles d'information.

On observe ici que, pour une valeur quelconque de r , le nombre 10 de polynômes $m_i(x)$ à considérer doit être adapté en conséquence. Pour $r = 6$, on considérait $m_1(x)$, $m_3(x)$ et $m_5(x)$, où $m_i(x)$ est le polynôme minimal de α^i et α est une racine de $m_1(x)$ et donc un élément primitif de $GF(256)$.

Pour $r=18$, par exemple, on considérera en plus de ces trois polynômes, les polynômes $m_7(x)$, $m_9(x)$, $m_{11}(x)$, $m_{13}(x)$, $m_{15}(x)$ et $m_{17}(x)$. Tous 15 ces polynômes sont de degré 8 à l'exception du dernier $m_{17}(x) = x^4 + x + 1$, qui est de degré 4.

Dans ce cas, $a_R(x)$ est de degré formel 67 et s'écrit :

$$a_R = a^{(1)} m_3 m_5 \dots m_{15} m_{17} + a^{(3)} m_1 m_5 \dots m_{17} + \dots \\ 20 \quad + a^{(15)} m_1 m_3 \dots m_{13} m_{17} + a^{(17)} m_1 \dots m_{15}$$

où les $a^{(i)}$ sont des polynômes à coefficients binaires de degré formel 7, à l'exception de $a^{(17)}$ qui est de degré formel 3. Quant au coefficient de la plus petite puissance de x qui puisse être nul, dans l'expression de $a_i(x)$, c'est celui 25 de x^{68} . Des considérations semblables peuvent être faites à propos des polynômes $b(x)$, $c(x)$, $d(x)$, $e(x)$ et $f(x)$.

Nous allons maintenant décrire, à l'appui des figures 1 à 3, un mode de réalisation de dispositifs mettant en oeuvre la présente invention. Dans ce mode de réalisation, le « deuxième alphabet » est constitué d'octets et 30 le « premier alphabet » est constitué des octets du deuxième alphabet dont les deux informations binaires de poids fort sont nulles. On observe que le cardinal

du deuxième alphabet, 256, n'est pas une puissance entière du cardinal du premier alphabet, 64.

Le dispositif de codage et d'émission est illustré sous forme de schéma synoptique et représenté sous référence générale 10 (figure 1). Il 5 comporte, reliés entre eux par un bus d'adresses et de données 102 :

- une unité centrale de traitement 106 ;
- une mémoire vive RAM 104 ;
- une mémoire morte ROM 105 ;
- un port d'entrée 103 servant à recevoir, sous forme d'octets, des 10 informations que le dispositif de codage et d'émission doit transmettre ;
- un port de sortie 107 permettant, au dispositif de codage et d'émission, de transmettre des 6-uples, c'est-à-dire de groupes de six informations binaires ou « bits », représentant des points d'une constellation ;
- et, indépendamment du bus 102 :
- 15 - un modulateur 109 effectuant une modulation d'amplitudes en quadrature à 64 points représentatifs de 6-uples qui lui proviennent du port de sortie 107 ;
- une antenne émettrice 110 qui diffuse un signal modulé par le modulateur 109 ;
- 20 - un écran de visualisation 108 relié au port de sortie 107 ;
- un clavier 101 relié au port d'entrée 103 et fournissant des octets représentatifs des touches de clavier successivement utilisées ; et
- une entrée 111 de données à coder, sous forme d'octets, reliée au port d'entrée 103.

25 Chacun des éléments illustrés en figure 1 est bien connu de l'homme du métier des ordinateurs et, plus généralement, des systèmes de traitement de l'information. Ces éléments ne sont donc pas décrits ici.

La mémoire vive 104 conserve des données, des variables et des résultats intermédiaires de traitement, dans des registres de mémoire portant, 30 dans la suite de la description, les mêmes noms que les données dont ils conservent les valeurs. La mémoire vive 104 comporte notamment :

- un registre « *octets* » dans lequel est conservée une suite d'octets à coder et à transmettre, suite qui provient de l'entrée de données à coder 111,
- un registre « *nb_octet* » dans lequel est mémorisé le nombre d'octets à coder déjà reçus,
- 5 - un registre « a_l, b_l, c_l, d, e, f » dans lequel sont conservés les coefficients binaires des polynômes $a_l(x), b_l(x), c_l(x), d(x), e(x), f(x)$, et
- un registre « a_R, b_R, c_R » dans lequel sont conservés les coefficients binaires des polynômes $a_R(x), b_R(x), c_R(x)$.

10 La mémoire morte 105 est adaptée à conserver le programme de fonctionnement de l'unité centrale de traitement 106, dans un registre « *program1* », et les données nécessaires à la résolution des équations (6), (7) et (8) dans un registre « (6), (7), (8) » ainsi que la table de correspondance mettant en relation des informations binaires reçus par l'intermédiaire de 15 l'entrée de données 111 avec les coefficients binaires des polynômes $a_l(x), b_l(x), c_l(x), d(x), e(x), f(x)$.

L'unité centrale de traitement 106 est adaptée à mettre en oeuvre l'organigramme décrit en figure 3.

20 Le dispositif de réception et de décodage représenté en figure 2, sous référence générale 20, est illustré sous forme de schéma synoptique. Il comporte, reliés entre eux par un bus d'adresses et de données 202 :

- une unité centrale de traitement 206 ;
- une mémoire vive RAM 204 ;
- une mémoire morte ROM 205 ;
- 25 - un port d'entrée 203 servant à recevoir des informations que le dispositif de réception et de décodage doit traiter, mémoriser ou transmettre ;
- un port de sortie 207 permettant, au dispositif de réception et de décodage, de transmettre des octets décodés ;
- et, indépendamment du bus 202 :

- une antenne réceptrice 209 qui reçoit un signal représentatif du signal émis par l'antenne émettrice 110 d'un dispositif de codage et d'émission (figure 1) ;
- un démodulateur 210 effectuant une démodulation d'amplitudes en quadrature à 64 points en 6-uples ;
- un décodeur de Reed-Solomon 211 qui utilise un code dont les mots sont constitués d'octets, dont les six bits de poids faibles sont les 6-uples provenant des démodulateur 210 et dont les deux bits de poids fort sont égaux à zéro, et fournissant des données décodées au port d'entrée 203 ;
- un écran de visualisation 208 relié au port de sortie 207 ;
- un clavier 201 relié au port d'entrée 203 ; et
- une sortie 212 de données décodées, reliée au port de sortie 207.

Chacun des éléments illustrés en figure 2 est bien connu de l'homme du métier des systèmes de décodage d'informations et, plus généralement, des systèmes de traitement de l'information. Ces éléments ne sont donc pas décrits ici.

On observe cependant, qu'en entrée du décodeur de Reed-Solomon 211, entrée qui comporte huit liaisons électriques filaires, les six liaisons électriques qui correspondent aux bits de poids faible sont reliées à six liaisons électriques sortant du démodulateur 210, et les deux liaisons électriques qui correspondent aux deux bits de poids fort sont reliées à la masse du dispositif de réception et de décodage, les bits correspondant étant alors de valeurs nulles. Ces dispositions réalisent, en entrée du décodeur 211, un assemblage par juxtaposition des symboles du premier alphabet (à 64 symboles) et de symboles préterminés (ici égaux à « 0 »), pour former des symboles du deuxième alphabet (à 256 symboles).

La mémoire vive 204 conserve des données, des variables et des résultats intermédiaires de traitement, dans des registres de mémoire portant, dans la suite de la description, les mêmes noms que les données dont ils conservent les valeurs. La mémoire vive 204 comporte notamment un registre

« *octets* » dans lequel est conservée la suite des octets décodés par le décodeur 211.

La mémoire morte 205 est adaptée à conserver le programme de fonctionnement de l'unité centrale de traitement 206, dans un registre 5 « *program2* » ainsi que la table de correspondance mettant en relation les 6-uples décodés, qui sont en fait des octets dont les deux bits de poids fort ont une valeur nulle, et les informations binaires des octets qui ont servi à les générer dans le dispositif de codage et d'émission (figure 1).

On observe ici que le dispositif de réception et de décodage 10 représenté en figure 2 est tout à fait classique, la seule modification de traitement des symboles reçus concernant l'assemblage, en entrée du décodeur 211, des informations binaires reçus sous forme de 6-uples représentatifs de signaux modulés par le modulateur 109, avec deux informations binaires de valeur nulle, pour former des octets mis en oeuvre par 15 le décodeur 211.

En référence à la figure 3, on expose maintenant le fonctionnement du dispositif de codage et d'émission illustré en figure 1.

Lorsque ce dispositif de codage et d'émission est mis en fonctionnement, la valeur de la variable *nb_octet* est mise à zéro. Au cours 20 d'une opération 501, l'unité centrale 106 effectue la réception d'un éventuel octet à coder sur le port d'entrée 103, incrémenté la valeur de la variable *nb_octet* et la mémorisation dans le registre « *octets* » de la mémoire vive RAM 104, de cet octet.

Ensuite, l'unité centrale 106 effectue un test 502, au cours duquel 25 elle détermine si le nombre d'octets *nb_octet* déjà reçu est égal à $(n.\frac{3}{4}) - 6$, ou non.

Lorsque le résultat du test 502 est négatif, l'opération 501 est réitérée. Lorsque le résultat du test 502 est positif, l'opération 503 consiste à étiqueter, c'est-à-dire à mettre en correspondance, des informations binaires 30 constituant les octets mémorisés dans le registre « *octets* », avec des coefficients des polynômes $a_l(x)$, $b_l(x)$, $c_l(x)$, $d(x)$, $e(x)$, $f(x)$ en utilisant la table

de correspondance conservée dans la mémoire morte ROM 105 et à mémoriser dans le registre « a_i, b_i, c_i, d, e, f » de la mémoire vive RAM 104, les coefficients de ces polynômes.

L'opération 504 consiste, ensuite, à résoudre l'équation (6) et à 5 déterminer les huit coefficients binaires du polynôme $c_R(x)$, huit équations concernant les seize coefficients de $b_R(x)$ et huit équations concernant les vingt-quatre coefficients de $a_R(x)$.

L'opération 505 consiste à résoudre l'équation (7), à déterminer 10 huit nouvelles équations concernant les seize coefficients de $b_R(x)$ et, par résolution des seize équations obtenues au cours des opérations 504 et 505 et concernant les seize coefficients de $b_R(x)$, à déterminer les seize coefficients binaires du polynôme $b_R(x)$. L'opération 505 consiste aussi à déterminer huit nouvelles équations concernant les vingt-quatre coefficients de $a_R(x)$.

L'opération 506 consiste à résoudre l'équation (8), à déterminer 15 huit nouvelles équations concernant les vingt-quatre coefficients de $a_R(x)$ et, par résolution des vingt-quatre équations obtenues au cours des opérations 504, 505 et 506 et concernant les vingt-quatre coefficients de $a_R(x)$, à déterminer les vingt-quatre coefficients binaires du polynôme $a_R(x)$.

L'opération 507 consiste à déterminer les 6-uples des coefficients 20 de même degré des six polynômes $a(x), b(x), c(x), d(x), e(x), f(x)$ et à transmettre ces 6-uples au port de sortie 107, à destination du modulateur 109.

L'opération 508 consiste à effectuer une modulation d'amplitudes en quadrature 64-QAM, représentative du 6-uples à transmettre. Ensuite, la valeur de la variable *nb_octet* est remise à zéro et l'opération 501 est réitérée.

25 La portée de l'invention ne se limite pas au mode de réalisation décrit et représenté mais s'étend, bien au contraire, aux modifications et perfectionnements à la portée de l'homme du métier.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de codage (10) fournissant des mots de code dont les symboles sont susceptibles de moduler une grandeur physique sur un canal de transmission utilisant des symboles d'un premier alphabet, le décodage de ces mots de code mettant en oeuvre des symboles d'un deuxième alphabet contenant le premier alphabet, le cardinal du deuxième alphabet étant strictement supérieur à celui du premier alphabet et n'étant pas une puissance entière du cardinal du premier alphabet,
5 10 dispositif caractérisé en ce qu'il comporte :
 - une entrée (103, 111) de symboles dits « primaires » appartenant au premier alphabet ;
 - des moyens de traitement (104, 105, 106) adaptés à :
 - . déterminer des symboles de redondance susceptibles de permettre un décodage des mots de code formés des symboles primaires et des symboles de redondance, par un décodeur (20) travaillant sur le deuxième alphabet ;
 - . résoudre un système d'équations exprimant les contraintes à respecter pour que lesdits symboles de redondance soient dans le premier alphabet,
 - 15 20 - une sortie (107) des symboles des mots de code.

2. Dispositif de codage selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de traitement (104, 105, 106) sont adaptés à résoudre ledit système d'équations, en résolvant successivement des sous-systèmes 25 d'équations possédant chacun un nombre d'inconnues strictement inférieur au nombre d'inconnues du système complet d'équations.

3. Dispositif de codage selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les moyens de traitement (104, 105, 106) sont 30 adaptés à mettre en oeuvre le deuxième alphabet qui, muni d'une opération,

constitue un groupe et le premier alphabet qui, muni de la même opération, constitue un sous-groupe du deuxième alphabet.

4. Dispositif de codage selon la revendication 3, caractérisé en ce que les moyens de traitement (104, 105, 106) sont adaptés à mettre en oeuvre le deuxième alphabet qui, muni de deux opérations, constitue un corps de Galois et le premier alphabet qui, muni des deux mêmes opérations, ne constitue pas un sous-corps de Galois du deuxième alphabet.
- 10 5. Dispositif de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les moyens de traitement (104, 105, 106) sont adaptés à mettre en oeuvre un premier alphabet qui comporte 64 symboles.
- 15 6. Dispositif de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les moyens de traitement (104, 105, 106) sont adaptés à mettre en oeuvre un deuxième alphabet qui comporte 256 symboles.
- 20 7. Dispositif de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les moyens de traitement (104, 105, 106) sont adaptés à mettre en oeuvre un deuxième alphabet constitué de séquences binaires et un premier alphabet constitué de séquences binaires du deuxième alphabet dont certaines informations binaires possèdent une valeur prédéterminée.
- 25 8. Dispositif de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les moyens de traitement (104, 105, 106) sont adaptés à fournir des mots de code qui appartiennent à un code de Reed-Solomon.

9. Dispositif de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les moyens de traitement (104, 105, 106) sont adaptés à mettre en oeuvre des calculs matriciels.

5 10. Dispositif de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'il comporte un modulateur (109) adapté à effectuer une modulation d'amplitudes en quadrature.

10 11. Système d'émission, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de codage (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, et un moyen d'émission (109, 110) d'un signal modulant ladite grandeur physique représentative des symboles des mots de code générés par ledit dispositif de codage.

15 12. Ordinateur, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 10.

20 13. Dispositif de capture de grandeurs physique comportant un capteur, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 10.

25 14. Procédé de codage fournissant des mots de code dont les symboles sont susceptibles de moduler une grandeur physique sur un canal de transmission utilisant des symboles d'un premier alphabet, le décodage de ces mots de code mettant en oeuvre des symboles d'un deuxième alphabet contenant le premier alphabet, le cardinal du deuxième alphabet étant strictement supérieur à celui du premier alphabet et n'étant pas une puissance entière du cardinal du premier alphabet,
procédé caractérisé en ce qu'il comporte :

30 - une étape d'entrée (501) de symboles dits « primaires » appartenant au premier alphabet ;

- une étape de détermination (503 à 507) de symboles de redondance susceptibles de permettre un décodage des mots de code formés des symboles primaires et des symboles de redondance, par un décodeur travaillant sur un deuxième alphabet comportant le premier alphabet et des symboles n'appartenant pas au premier alphabet, comportant une opération de résolution (504, 505, 506) d'un système d'équations exprimant les contraintes à respecter pour que les symboles de redondance soient dans le premier alphabet ;
- une étape de sortie (508) des symboles des mots de code.

10

15. Procédé de codage selon la revendication 14, caractérisé en ce que, au cours de l'opération de résolution dudit système d'équations, on effectue successivement des étapes (504, 505, 506) de résolution de sous-systèmes d'équations possédant chacun un nombre d'inconnues strictement inférieur au nombre d'inconnues du système complet d'équations.

16. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce qu'il met en oeuvre le deuxième alphabet qui, muni d'une opération, constitue un groupe, et le premier alphabet qui, muni de la même opération, constitue un sous-groupe du deuxième alphabet.

17. Procédé de codage selon la revendication 16, caractérisé en ce qu'il met en oeuvre le deuxième alphabet qui, muni de deux opérations, constitue un corps de Galois, et le premier alphabet qui, muni des deux mêmes opérations, ne constitue pas un sous-corps de Galois du deuxième alphabet.

18. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 14 à 17, caractérisé en ce qu'il met en oeuvre un premier alphabet qui comporte 64 symboles.

30

19. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 14 à 18, caractérisé en ce qu'il met en oeuvre un deuxième alphabet qui comporte 256 symboles.

5 20. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 14 à 19, caractérisé en ce que le deuxième alphabet est constitué de séquences binaires et le premier alphabet est constitué de séquences binaires du deuxième alphabet dont certaines informations binaires possèdent une valeur prédéterminée.

10 21. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 14 à 20, caractérisé en ce que les mots de code appartiennent à un code de Reed-Solomon.

15 22. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 14 à 21, caractérisé en ce que, au cours de l'opération de détermination (504, 505, 506), on met en oeuvre des calculs matriciels.

23. Dispositif de décodage, caractérisé en ce qu'il comporte :
20 - une entrée (209, 210) de symboles d'un premier alphabet mis en oeuvre sur un canal de transmission, et
- un moyen de décodage (211) adapté à décoder des symboles d'un deuxième alphabet contenant le premier alphabet, le cardinal du deuxième alphabet étant strictement supérieur à celui du premier alphabet et n'étant pas une puissance 25 entière du cardinal du premier alphabet, les symboles du deuxième alphabet étant, en entrée du moyen de décodage, constitués de la juxtaposition de symboles du premier alphabet et de symboles prédéterminés.

24. Dispositif de décodage selon la revendication 23, caractérisé en ce que le canal de transmission est adapté à mettre en oeuvre un premier alphabet qui comporte 64 symboles.

5 25. Dispositif de décodage selon l'une quelconque des revendications 23 ou 24, caractérisé en ce que le moyen de décodage (211) est adapté à mettre en oeuvre un deuxième alphabet qui comporte 256 symboles.

10 26. Dispositif de décodage selon l'une quelconque des revendications 23 à 25, caractérisé en ce que le moyen de décodage (211) est adapté à décoder des mots d'un code de Reed-Solomon.

15 27. Dispositif de décodage selon l'une quelconque des revendications 23 à 26, caractérisé en ce qu'il comporte un démodulateur (210) adapté à effectuer une démodulation d'amplitudes en quadrature de signaux transmis sur le canal de transmission.

20 28. Système de réception, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de décodage selon l'une quelconque des revendications 23 à 27 et un moyen de réception (209, 210) de signaux en provenance du canal de transmission.

25 29. Procédé de décodage, caractérisé en ce qu'il comporte :
- une étape d'entrée de symboles d'un premier alphabet mis en oeuvre sur un canal de transmission, et
- une étape de décodage, au cours de laquelle on décode des symboles d'un deuxième alphabet contenant le premier alphabet, le cardinal du deuxième alphabet étant strictement supérieur à celui du premier alphabet et n'étant pas

30 une puissance entière du cardinal du premier alphabet,

les symboles du deuxième alphabet décodés au cours de l'étape de décodage étant constitués de la juxtaposition de symboles du premier alphabet et de symboles prédéterminés.

5 30. Procédé de décodage selon la revendication 29, caractérisé en ce que, au cours de l'étape d'entrée, on met en oeuvre un premier alphabet qui comporte 64 symboles.

10 31. Procédé de décodage selon l'une quelconque des revendications 29 ou 30, caractérisé en ce que, au cours de l'étape de décodage, on met en oeuvre un deuxième alphabet qui comporte 256 symboles.

15 32. Procédé de décodage selon l'une quelconque des revendications 29 à 31, caractérisé en ce que, au cours de l'étape de décodage, on décode des mots d'un code de Reed-Solomon.

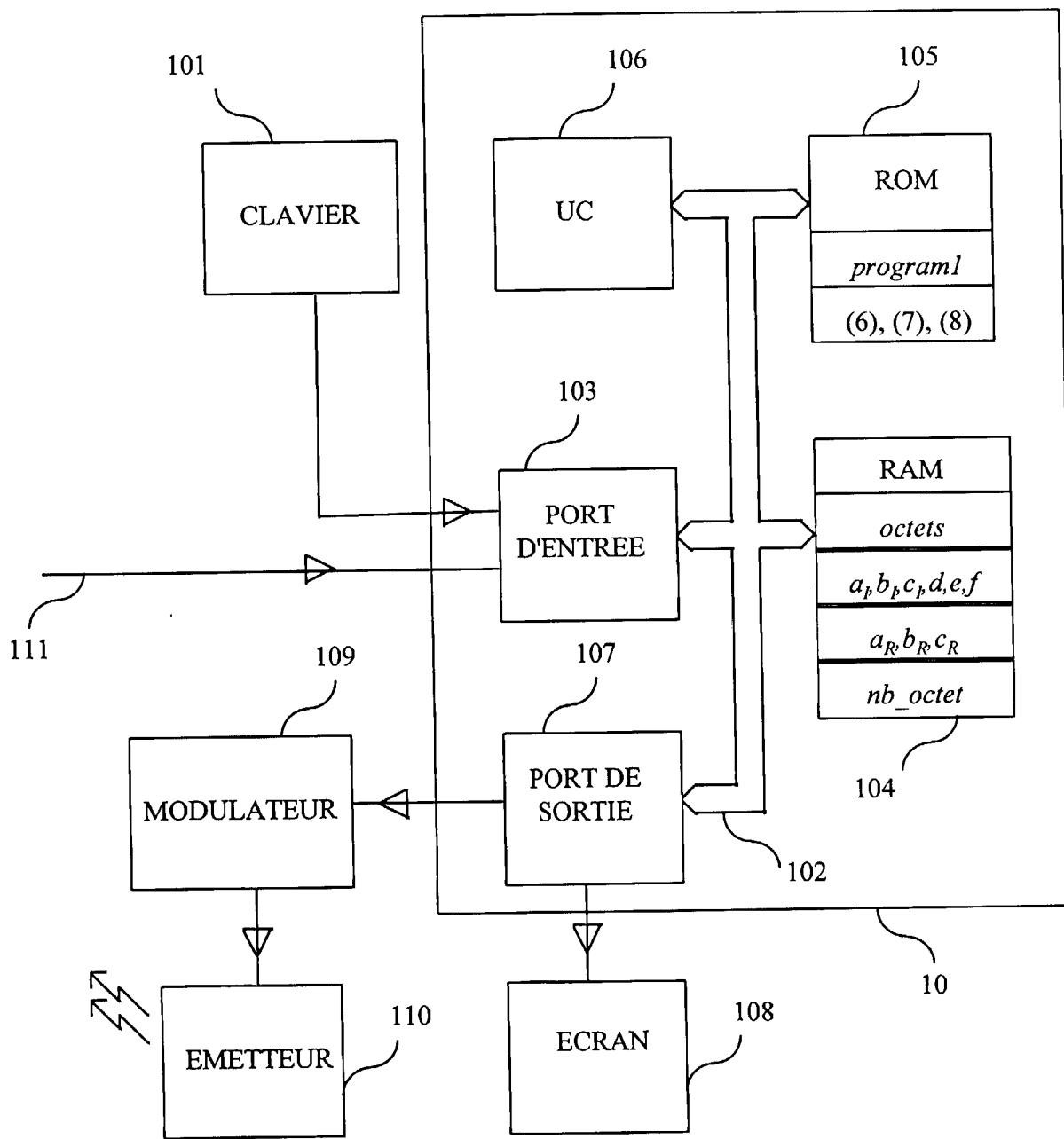


Fig. 1

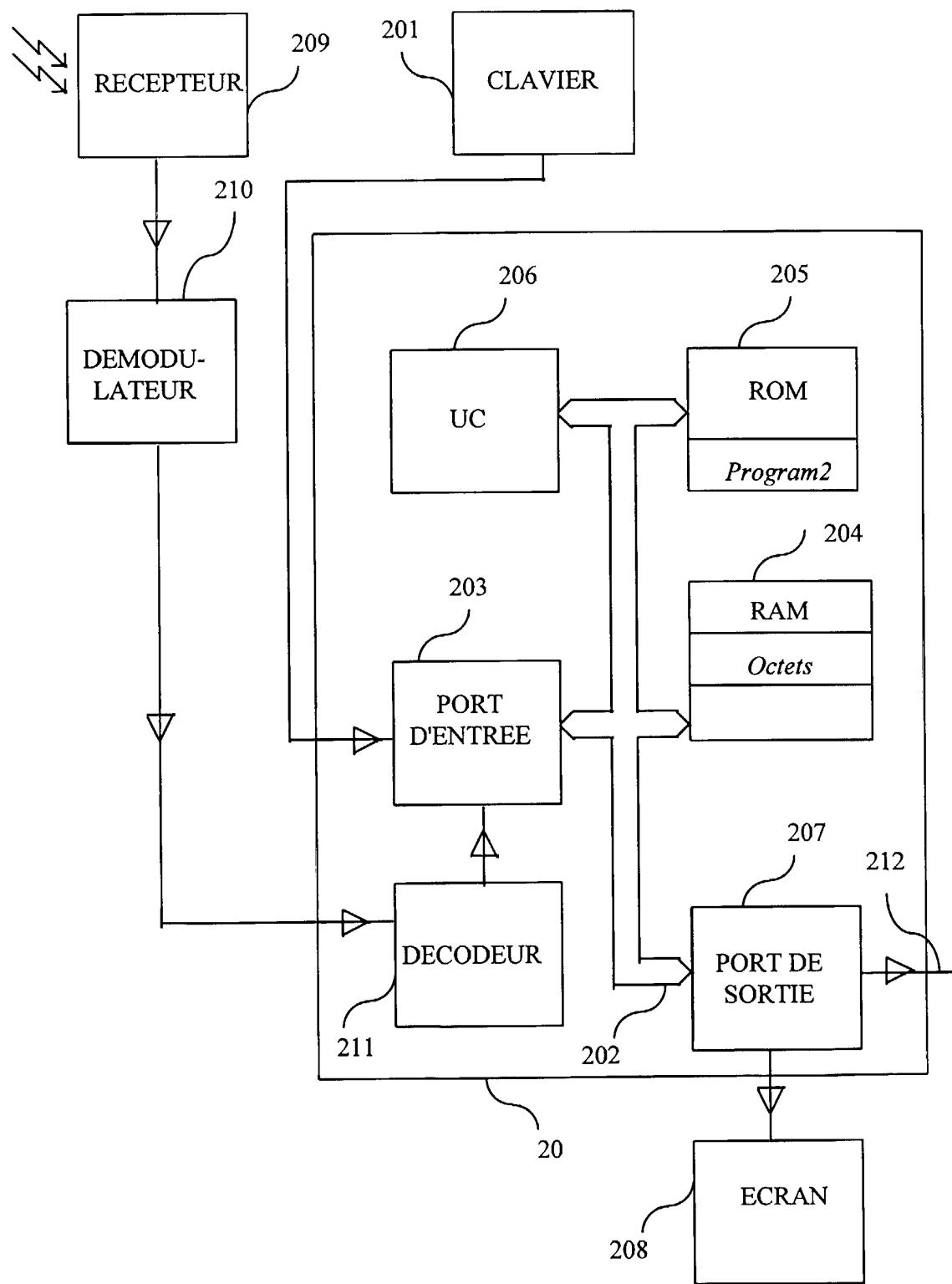


Fig. 2

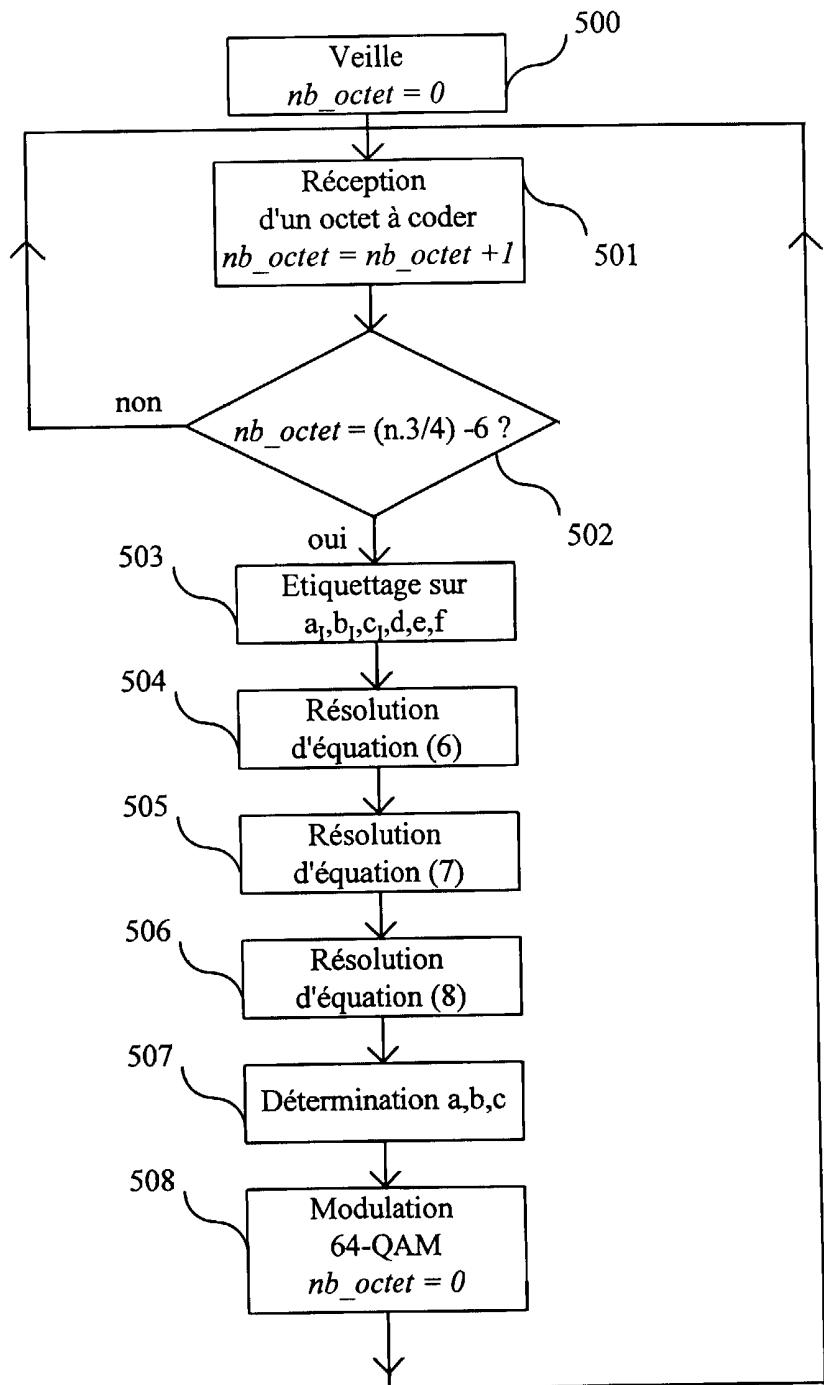


Fig. 3

RAPPORT DE RECHERCHE

PRELIMINAIRE

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

2767940

N° d'enregistrement
nationalFA 546972
FR 9710808

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
D, A	EP 0 290 349 A (DIGITAL EQUIPMENT CORP) 9 novembre 1988 * le document en entier * ---	1, 8, 9, 11, 12, 14, 21-23, 26, 28, 29, 32
A	EP 0 383 632 A (CODEX CORP) 22 août 1990 ---	
A	EP 0 472 460 A (MATRA COMMUNICATION) 26 février 1992 ---	
A	SIUN WU ET AL: "Codage pour modulation d'amplitude en quadrature à grand nombre d'états avec partition à plusieurs niveaux" ANNALES DES TELECOMMUNICATIONS, vol. 46, no. 7-8, juillet 1991, FR, pages 434-442, XP002066375 ---	
D, A	COUVREUR & PIRET: "Codes between BCH and RS codes" PHILIPS JOURNAL OF RESEARCH, vol. 39, no. 4/5, 1984, EINDHOVEN, NL, pages 195-205, XP002066376 ---	
A	US 4 486 882 A (PIRET PHILIPPE M O A ET AL) 4 décembre 1984 -----	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		H03M H04L G06F
1	Date d'achèvement de la recherche 29 mai 1998	Examinateur Devergranne, C
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		
T : théorie ou principe à la base de l'invention 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. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		