



(51) Classification internationale des brevets :
G06F 17/14 (2006.01) **H04L 27/32** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2011/051971

(22) Date de dépôt international :
29 août 2011 (29.08.2011)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
10 56841 30 août 2010 (30.08.2010) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (C.N.R.S)** [FR/FR]; 3, rue Michel
Ange, F-75016 Paris (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **HANUSSE,
Patrick** [FR/FR]; 40 Av. Erables, F-33600 Pessac (FR).

(74) Mandataires : **JACOBSON, Claude** et al.; Cabinet
Lavoix, 2, place d'Estienne d'Orves, F-75009 Paris (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD AND SYSTEM FOR TRANSMITTING DATA BY NONLINEAR CARRIER WAVES

(54) Titre : PROCÉDÉ ET SYSTÈME DE TRANSMISSION DE DONNÉES PAR ONDES PORTEUSES NON-LINÉAIRES

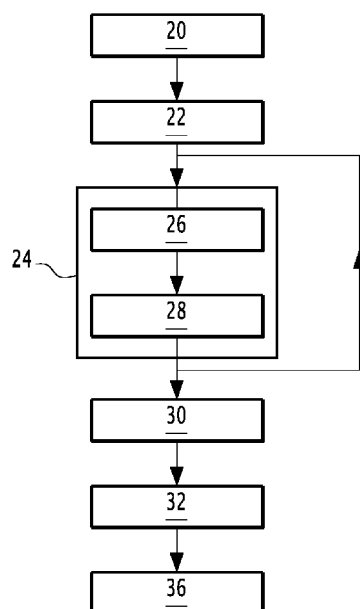


FIG.2

(57) Abstract : This method of transmitting digital data from a sender to a receiver, through a communication channel, by modulating parameters characteristic of at least one carrier wave, is characterized in that said carrier wave is a nonlinear wave, of the form $x(t) = x_0 + \chi_1 \cos(\Phi(t) - P_0)$ where $\Phi(t)$, a phase of said wave, is a nonlinear increasing function of time and p_0 a phase origin, and in that it comprises the steps of expressing said carrier wave as a function of parameters characteristic of its nonlinearity and of its morphology, of modulating (26) the value of said characteristic parameters as a function of the value of at least some of said digital data, of transmitting (30) a signal comprising at least said modulated carrier wave through said communication channel, of receiving said signal by said receiver and of determining (32), on the basis of said signal, the value of said parameters characteristic of the modulated carrier wave.

(57) Abrégé : Ce procédé de transmission de données numériques d'un émetteur vers un récepteur, à travers un canal de communication, par modulation de paramètres caractéristiques d'au moins une onde porteuse, est caractérisé en ce que ladite onde porteuse est une onde non-linéaire, de la forme $x(t) = x_0 + \chi_1 \cos(\Phi(t) - P_0)$ où $\Phi(t)$, phase de ladite onde, est une fonction croissante non-linéaire du temps et p_0 une origine de phase, et en ce qu'il comprend les

[Suite sur la page suivante]



LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, **Publiée :**
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, — *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

étapes d'expression de ladite onde porteuse en fonction de paramètres caractéristiques de sa non-linéarité et de sa morphologie, de modulation (26) de la valeur desdits paramètres caractéristiques en fonction de la valeur d'au moins une partie desdites données numériques, de transmission (30) d'un signal comprenant au moins ladite onde porteuse modulée à travers ledit canal de communication, de réception dudit signal par ledit récepteur et de détermination (32), à partir dudit signal, de la valeur desdits paramètres caractéristiques de l'onde porteuse modulée.

Procédé et système de transmission de données par ondes porteuses non-linéaires

La présente invention concerne un procédé et un système de transmission de données numériques d'au moins un émetteur vers au moins un récepteur à travers un canal de communication, par modulation de paramètres caractéristiques d'au moins une
5 onde porteuse.

Elle s'applique en particulier au transport de données de télécommunications, par exemple sur certaines couches physiques ou de liaison d'un réseau tel qu'Internet.

De telles données sont très rarement adaptées à une transmission directe par le canal de communication choisi, qu'il soit hertzien, filaire, ou optique. Ainsi, le transport de
10 ces données est généralement réalisé par modulation d'une onde porteuse linéaire, c'est-à-dire en faisant varier les paramètres d'amplitude et d'argument de cette onde porteuse en fonction des données à transmettre. A réception, le signal modulé est démodulé, de manière à extraire de l'onde porteuse les données utiles.

L'archétype actuel de transport dense d'informations est représenté par le standard ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), permettant de transmettre sur une
15 ligne téléphonique classique des données numériques à des débits élevés. Ce standard est basé sur la modulation DMT (Discrete Multi-Tone), qui consiste à répartir sur un grand nombre de sous-porteuses les données que l'on veut transmettre.

Plus précisément, la modulation DMT consiste à diviser la bande de fréquences comprise entre 0 Hz et 1104 kHz en 255 intervalles de 4,3125 kHz, et à associer à
20 chacun de ces intervalles une sous-porteuse de fréquence multiple à $f_0=4,3125$ kHz. La n -ième sous-porteuse est ainsi une onde linéaire de fréquence $n \times 4,3125$ kHz. Dans la pratique, seules les sous-porteuses d'indices 16 à 255, c'est-à-dire de fréquence comprise entre 69 et 1104 kHz, sont utilisées pour transporter le flux ADSL.

Chacune de ces sous-porteuses est alors modulée en amplitude et en phase, au rythme de 4 000 symboles par seconde, chaque symbole correspondant à un état de
25 modulation, et pouvant coder de 2 à 15 bits d'information en fonction de la qualité de transmission observée sur la ligne pour cette sous-porteuse.

Le signal émis est composé de la somme de l'ensemble des sous-porteuses modulées. A réception, une transformée de Fourier rapide (FFT) est appliquée au signal,
30 permettant d'extraire de chacune des sous-porteuses les valeurs des symboles utilisés pour leur modulation, donc les bits d'information codés.

Or, lorsque l'atténuation entre l'émetteur du signal et le récepteur devient forte, par exemple à cause de la longueur de la ligne, ou lorsque cette ligne est soumise à des
35 perturbations extérieures, le rapport signal sur bruit se dégrade, et il peut devenir

impossible de déterminer de manière fiable l'amplitude et la phase de chaque sous-porteuse pour lui associer une valeur de symbole sans ambiguïté.

Le but de l'invention est donc de proposer un procédé de transmission de données présentant une résistance et une robustesse face aux atténuations de la ligne de transmission et aux perturbations extérieures supérieures aux procédés de transmission selon l'état de la technique.

A cette fin, l'invention a pour objet un procédé du type précité, caractérisé en ce que ladite onde porteuse est une onde non-linéaire, de la forme $x(t) = x_0 + x_1 \cos(\Phi(t))$ où $\Phi(t)$, phase de ladite onde, est une fonction croissante non-linéaire du temps t et p_0 une origine de phase, et en ce que le procédé comprend les étapes suivantes :

- expression de ladite onde porteuse en fonction de paramètres caractéristiques de la non-linéarité de ladite onde et de sa morphologie ;
- modulation de la valeur desdits paramètres caractéristiques en fonction de la valeur d'au moins une partie desdites données numériques;
- transmission d'un signal comprenant au moins ladite onde porteuse modulée à travers ledit canal de communication ;
- réception dudit signal par ledit récepteur ;
- détermination, à partir dudit signal, de la valeur desdits paramètres caractéristiques de l'onde porteuse modulée.

Le procédé selon l'invention comporte également les caractéristiques suivantes, prises séparément ou en combinaison :

- l'étape d'expression de ladite onde porteuse en fonction de paramètres caractéristiques de la non-linéarité de ladite onde et de sa morphologie comprend une étape d'expression de ladite phase sous la forme :

$$\Phi(t) = 2\pi f t + \sum_{k=1}^n a_k p \sin_1(2\pi f(t - t_k), r_k) - b_k p \cos_1(2\pi f(t - t_k), r_k)$$

dans laquelle f est la fréquence de ladite onde et les paramètres a_k , b_k , t_k , r_k et x_1 sont des paramètres caractéristiques de la non-linéarité de ladite onde et de sa morphologie, les fonctions $p \sin_1$ et $p \cos_1$ étant définies par :

$$p \cos_1(t, r) = \sum_{k=1}^{\infty} \cos(kt) \frac{r^k}{k} \text{ et } p \sin_1(t, r) = \sum_{k=1}^{\infty} \sin(kt) \frac{r^k}{k} ;$$

- ladite onde porteuse est exprimée en fonction de paramètres caractéristiques de la non-linéarité de ladite onde et de sa morphologie sous la forme :

$$x(t) = x_0 + x_1 * \cos(q_0 - t_0) * h \cos(2\pi f(t - t_0), r) + x_1 * \sin(q_0 - t_0) * h \sin(2\pi f(t - t_0), r)$$

dans laquelle f est la fréquence de l'onde porteuse, les fonctions $h\cos$ et $h\sin$ sont définies par :

$$h\cos : (t, r) \rightarrow \frac{(1+r^2)\cos(t)+2r}{1+r^2-2r\cos(t)} \text{ et } h\sin : (t, r) \rightarrow \frac{(1-r^2)\sin(t)}{1+r^2-2r\cos(t)} \text{ et } q_0 = \frac{p_0}{2\pi f} + t_0 ;$$

- l'étape de détermination de la valeur desdits paramètres caractéristiques de l'onde porteuse modulée comprend les étapes suivantes :

- analyse de Fourier dudit signal ;
- détermination de la valeur de coefficients d'au moins deux premiers modes de Fourier de ladite onde porteuse modulée ;
- détermination de la valeur desdits paramètres caractéristiques de l'onde porteuse modulée à partir de la valeur desdits coefficients desdits modes de Fourier de l'onde porteuse modulée ;

- ledit signal comprend au moins deux ondes porteuses non-linéaires de fréquences différentes.

Selon un autre aspect, l'invention a également pour objet un système de transmission de données numériques d'au moins un émetteur vers au moins un récepteur à travers un canal de communication par modulation de paramètres caractéristiques d'au moins une onde porteuse, caractérisé en ce que ladite onde porteuse est une onde non-linéaire, de la forme $x(t) = x_0 + x_1 \cos(\Phi(t))$ où $\Phi(t)$, phase de ladite onde, est une fonction croissante non-linéaire du temps t et p_0 une origine de phase, et en ce que ledit système comprend :

- des moyens pour exprimer ladite onde porteuse en fonction de paramètres caractéristiques de la non-linéarité de ladite onde et de sa morphologie ;
- des moyens pour moduler la valeur desdits paramètres caractéristiques en fonction de la valeur d'au moins une partie desdites données numériques ;
- des moyens pour transmettre un signal comprenant au moins ladite onde porteuse modulée à travers ledit canal de communications ;
- des moyens pour déterminer, à partir dudit signal, la valeur desdits paramètres caractéristiques de l'onde porteuse modulée.

Le système selon l'invention comporte également les caractéristiques suivantes, prises séparément ou en combinaison :

- les moyens pour exprimer ladite onde porteuse en fonction de paramètres caractéristiques de la non-linéarité de ladite onde et de sa morphologie comprennent des moyens pour exprimer ladite phase sous la forme :

$$\Phi(t) = 2\pi f t + \sum_{k=1}^n a_k p \sin_1(2\pi f(t - t_k), r_k) - b_k p \cos_1(2\pi f(t - t_k), r_k)$$

4

dans laquelle f est la fréquence de ladite onde et les paramètres a_k , b_k , t_k , r_k et x_1 sont des paramètres caractéristiques de la non-linéarité de ladite onde et de sa morphologie, les fonctions $p\sin_1$ et $p\cos_1$ étant définies par :

$$p\cos_1(t, r) = \sum_{k=1}^{\infty} \cos(kt) \frac{r^k}{k} \text{ et } p\sin_1(t, r) = \sum_{k=1}^{\infty} \sin(kt) \frac{r^k}{k} ;$$

- 5 - le système comprend des moyens pour exprimer ladite onde porteuse en fonction de paramètres caractéristiques de la non-linéarité de ladite onde et de sa morphologie sous la forme :

$$x(t) = x_0 + x_1 * \cos(q_0 - t_0) * h\cos(2\pi f(t - t_0), r) + x_1 * \sin(q_0 - t_0) * h\sin(2\pi f(t - t_0), r)$$

- 10 dans laquelle f est la fréquence de l'onde porteuse, les fonctions $h\cos$ et $h\sin$ sont définies par :

$$h\cos : (t, r) \rightarrow \frac{(1+r^2)\cos(t)+2r}{1+r^2-2r\cos(t)} \text{ et } h\sin : (t, r) \rightarrow \frac{(1-r^2)\sin(t)}{1+r^2-2r\cos(t)} \text{ et } q_0 = \frac{p_0}{2\pi f} + t_0 .$$

- les moyens pour déterminer la valeur desdits paramètres caractéristiques de l'onde porteuse modulée comprennent :
- des moyens pour réaliser une analyse de Fourier dudit signal ;
- 15 - des moyens pour déterminer la valeur de coefficients d'au moins deux premiers modes de Fourier de ladite onde porteuse modulée ;
- des moyens pour déterminer la valeur desdits paramètres caractéristiques de l'onde porteuse modulée à partir de la valeur desdits coefficients (desdits modes de Fourier de l'onde porteuse modulée ;
- 20 - ledit signal comprend au moins deux ondes porteuses non-linéaires de fréquences différentes.

L'invention sera mieux comprise au regard d'exemples de réalisation de l'invention qui vont maintenant être décrits en faisant référence aux figures annexées parmi lesquelles :

- 25 - la figure 1 est un schéma illustrant un système adapté pour la mise en œuvre du procédé selon un mode de réalisation de l'invention, et
- la figure 2 est un schéma synoptique illustrant le procédé de transmission selon un mode de réalisation de l'invention.

- 30 Le procédé selon l'invention est basé sur le transport de données par modulation d'une ou plusieurs ondes porteuses périodiques non-linéaires, également appelées anharmoniques, de forme générale :

$$x(t) = x_0 + x_1 \cos(\Phi(t) - p_0) \quad (1)$$

dans laquelle toute la dépendance temporelle est contenue dans la fonction de phase Φ , qui est une fonction croissante et monotone du temps t . x_0 et x_1 désignent respectivement la valeur moyenne et l'amplitude de l'onde. Par valeur moyenne, on entend ici la moyenne entre les valeurs maximale et minimale du signal $x(t)$, respectivement égales à (x_0+x_1) et (x_0-x_1) .

Or, dans une onde périodique anharmonique, la principale contribution à l'anharmonicité provient de la brisure de symétrie de la dynamique de phase. Ainsi, toute l'information dynamique pertinente est exprimée par la dynamique de phase. Cette dynamique de phase est exprimée par la fonction F , dérivée de la fonction Φ par rapport au temps t :

$$F(\Phi) = \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

Ainsi, la morphologie de l'onde est complètement déterminée par cette dynamique F .

De manière générale, pour une onde de fréquence f , la phase $\Phi(t)$ peut être exprimée sous la forme :

$$\Phi(t) = 2\pi f t + \sum_{k=1}^n a_k p \sin_1(2\pi f(t-t_k), r_k) - b_k p \cos_1(2\pi f(t-t_k), r_k) \quad (3)$$

dans laquelle les fonctions $p \sin_1$ et $p \cos_1$ sont définies à partir des fonctions $p \sin_n$ et $p \cos_n$ s'exprimant par :

$$p \cos_n(t, r) = \sum_{k=1}^{\infty} \cos(kt) \frac{r^k}{k^n} \quad (4)$$

$$p \sin_n(t, r) = \sum_{k=1}^{\infty} \sin(kt) \frac{r^k}{k^n} \quad (5)$$

Les fonctions $p \sin_1$ et $p \cos_1$ peuvent également s'écrire sous la forme :

$$p \cos_1(t, r) = -\frac{1}{2} \ln(1 + r^2 - 2r \cos(t)) \quad (6)$$

$$p \sin_1(t, r) = \tan^{-1} \left(\frac{r \sin(t)}{1 - r \cos(t)} \right) \quad (7)$$

Les paramètres a_k , b_k , t_k et r_k apparaissant dans l'équation (3) déterminent la morphologie et l'anharmonicité du signal. En particulier, les paramètres r_k , compris dans l'intervalle $[0 ; 1[$, sont appelés paramètres d'anharmonicité. Lorsque tous les coefficients r_k sont nuls, $\Phi(t) = 2\pi f t$, ce qui correspond à une onde harmonique, c'est-à-dire linéaire. La limite $r_k=1$ correspond à l'inverse à une onde infiniment anharmonique.

Le forme la plus simple d'une onde anharmonique est donnée par :

$$x(t) = x_0 + x_1 * \cos(p_0) * h\cos(2\pi f(t - t_0), r) + x_1 * \sin(p_0) * h\sin(2\pi f(t - t_0), r) \quad (8)$$

dans laquelle on a défini les fonctions hcos et hsin suivantes :

$$h\cos : (t, r) \rightarrow \frac{(1 + r^2)\cos(t) + 2r}{1 + r^2 - 2r\cos(t)} \quad (9)$$

$$h\sin : (t, r) \rightarrow \frac{(1 - r^2)\sin(t)}{1 + r^2 - 2r\cos(t)} \quad (10)$$

Cette expression de x(t) est obtenue à partir de l'expression (1) en choisissant une expression de la phase de la forme :

$$\Phi(t) = 2\pi f t + 2p \sin_1(2\pi f(t - t_k), r_k)$$

5 c'est-à-dire en choisissant dans l'expression (3) ci-dessus :

$$a_1 = 2$$

$$a_k = 0 \text{ pour } k > 1$$

$$b_k = 0 \text{ pour tout } k$$

Si l'on excepte sa valeur moyenne x_0 , l'onde x(t) exprimée par l'équation (8) est entièrement déterminée par quatre paramètres x_1 , r, p_0 et t_0 .

10 Le paramètre x_1 détermine l'amplitude de l'onde. Le paramètre d'anharmonicité r, compris dans l'intervalle $[0 ; 1[$, permet de quantifier l'écart à la linéarité de l'onde. Le paramètre t_0 permet de translater l'onde dans le temps sans en changer la forme, tandis que le paramètre p_0 de morphologie permet de changer la forme de l'onde sans la translater.

15 Les séries de Fourier des fonctions hcos et hsin définies ci-dessus sont données par :

$$h\cos : (t, r) \rightarrow -r + \sum_{k=1}^{\infty} (1 - r^2) * r^{k-1} \cos(kt)$$

$$h\sin : (t, r) \rightarrow \sum_{k=1}^{\infty} (1 - r^2) * r^{k-1} \sin(kt)$$

La série de Fourier de l'onde x(t) est ainsi donnée par :

$$x(t) = x_0 - r x_1 \cos p_0 + \sum_{k=1}^{\infty} a_k * \cos(2\pi f k t) + b_k * \sin(2\pi f k t) \quad (11)$$

avec $a_k = x_1 (1 - r^2) * r^{k-1} \cos(q_0 + (k-1) * t_0)$ et $b_k = x_1 (1 - r^2) * r^{k-1} \sin(q_0 + (k-1) * t_0)$, et

20 en posant $q_0 = \frac{p_0}{2\pi f} + t_0$.

Cette série de Fourier peut être réécrite en mode amplitude-phase, selon l'expression :

7

$$x(t) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k * \cos(2\pi f(k t - \Phi_k)) \quad (12)$$

Avec $A_0 = x_0 - x_1 * r * \cos(2\pi f(q_0 - t_0))$, $A_k = x_1(1 - r^2) * r^{k-1}$ et $\Phi_k = q_0 + (k - 1) * t_0$.

Les paramètres x_1 , r , q_0 et t_0 peuvent être déterminés à partir de la donnée des amplitudes A_1 et A_2 et des phases Φ_1 et Φ_2 des deux premiers modes de Fourier, par :

$$\begin{cases} q_0 = \Phi_1 \\ r = \frac{A_2}{A_1} \\ t_0 = \Phi_2 - \Phi_1 \\ x_1 = \frac{A_1}{(1 - r^2)} \end{cases} \quad (13)$$

Ainsi, la seule donnée des deux premiers modes de Fourier de l'onde $x(t)$ permet de calculer l'ensemble des paramètres x_1 , r , q_0 et t_0 qui déterminent entièrement le signal $x(t)$.

Dès lors, une onde non-linéaire de fréquence choisie f peut être utilisée comme une onde porteuse d'informations, ces informations étant portées par les valeurs des paramètres q_0 , r , t_0 et x_1 qu'il est possible de moduler de manière similaire à l'amplitude et à la phase des ondes linéaires en ADSL.

Par exemple, si chacun de ces paramètres est modulé entre deux valeurs, l'onde porteuse non-linéaire est apte à transporter 4 bits par symbole. De manière similaire, une modulation de chacun de ces paramètres entre quatre valeurs correspond au transport de 8 bits par symbole.

Par ailleurs, de manière similaire au multiplexage fréquentiel mis en œuvre par le standard ADSL, plusieurs ondes non-linéaires de fréquences de base différentes, appelées par la suite sous-porteuses non-linéaires, peuvent être transmises simultanément sur un même canal de communication, de manière à multiplier le nombre de bits de données sur ce canal par unité de temps.

Or, comme précédemment décrit, la détermination des valeurs des paramètres q_0 , r , t_0 et x_1 modulant une sous-porteuse non-linéaire de fréquence f et porteurs d'informations, nécessite l'analyse des deux premiers modes de Fourier de cette sous-porteuse, de fréquences f et $2f$.

Ainsi, afin d'éviter un recouvrement entre les modes de Fourier des différentes sous-porteuses multiplexées, il convient de choisir les fréquences de ces sous-porteuses de telle sorte qu'aucune des sous-porteuses utilisées n'ait une fréquence égale au double de la fréquence d'une autre sous-porteuse. Il suffit pour cela de choisir des sous-

porteuses de fréquences : (f , $3f$, $4f$, $5f$, $7f$, $9f$, $11f$, $12f$...), dont les deux premiers modes de Fourier ne présentent aucun recouvrement.

On a représenté sur la figure 1, un système adapté pour la mise en œuvre du procédé selon un mode de réalisation de l'invention.

5 Ce système comprend un terminal émetteur 1, relié à un premier dispositif 3 de transmission, lui-même relié un réseau 5 de communication. Le système comprend également un deuxième dispositif 7 de transmission, relié au réseau 5, et un terminal récepteur 9, relié au deuxième dispositif 7 de transmission.

10 Le terminal émetteur 1 et le terminal récepteur 9 sont par exemple des ordinateurs, aptes à émettre et à recevoir des données numériques vers et depuis le réseau 5 de communication par l'intermédiaire respectivement du premier et deuxième dispositifs 3 et 7 de transmission.

15 Les dispositifs 3 et 7 de transmission sont reliés respectivement aux terminaux émetteur 1 et récepteur 9 par des liaisons filaires ou sans fil. Ils sont aptes à générer des ondes non-linéaires, à moduler la valeur de paramètres caractéristiques de ces ondes, tels que les paramètres x_1 , r , q_0 et t_0 précédemment décrits, en fonction de la valeur des données numériques à transmettre, et à émettre ces ondes modulées sur le réseau 5 de communication. Par ailleurs, les dispositifs 3 et 7 de transmission sont aptes à recevoir des ondes non-linéaires transmises à travers le réseau 5 de communication, et à
20 démoduler ces ondes de manière à en extraire la valeur des données numériques portées par ces ondes.

Par analogie avec les dispositifs de transmission selon l'état de la technique assurant les fonctions de modulation et de démodulation d'ondes porteuses, les dispositifs 3 et 7 de transmission seront par la suite appelés modem émetteur 3 et modem
25 récepteur 7.

Le réseau 5 de communication comprend notamment un canal de transmission reliant les modems émetteur 3 et récepteur 7, dont la bande passante est comprise entre une fréquence minimale $f_{\min}$ et une fréquence maximale $f_{\max}$.

30 On a représenté sur la figure 2, les étapes principales du procédé selon un mode de réalisation de l'invention, mis en œuvre pour la transmission de données D du terminal émetteur 1 au terminal récepteur 9 à travers le réseau 5.

Dans la suite de la description, on notera N_p le nombre de sous-porteuses non-linéaires disponibles et utilisables pour le transport des données, entre la fréquence $f_{\min}$ et la fréquence $f_{\max}$, et on notera f_k la fréquence d'une sous-porteuse d'indice k , avec $f_k = k * f_1$,
35 f_1 étant appelée fréquence de base. On considèrera par ailleurs que chaque sous-

porteuse est apte à transporter n_b bits par symbole, ce qui correspond à des trames de $N_b = n_b * N_p$ bits de données.

Dans une étape 20 initiale, le terminal émetteur 1 transmet les données D à destination du terminal récepteur 9 au modem émetteur 3.

5 Dans une étape 22, le modem émetteur 3 répartit les données D en N_t trames de N_b bits de données, puis, pour chacune des trames, les N_b bits de données en N_p ensemble de n_b bits.

10 A titre d'exemple, on considère que la plage de fréquences disponible entre les modems émetteur 3 et récepteur 9, c'est-à-dire la plage de fréquences sur laquelle le rapport signal sur bruit est considéré comme acceptable, est comprise entre une fréquence de base f_1 et une fréquence maximale $f_{\max} = 80 * f_1$. Cette plage de fréquences comprend a priori 80 sous-porteuses non-linéaires de fréquences $f_n = n * f_1$, avec $n \in [1, 80]$.

15 Or, comme décrit précédemment, pour éviter un recouvrement entre les modes de Fourier des différentes sous-porteuses, seules les sous-porteuses de fréquence $f_n = n * f_1$ telle que $f_n \neq 2 * f_k$, quel que soit $k \in [1, n-1]$, sont utilisables. La plage de fréquences $[f_1, 80 * f_1]$ permet ainsi le transport de $N_p = 26$ sous-porteuses non-linéaires.

20 A l'issue de l'étape 22, les données D sont ainsi réparties en N_t trames de N_b bits, ces trames étant destinées à être émises par le modem émetteur 3 de manière successive depuis la trame d'indice 1 jusqu'à la trame d'indice N_t , à un rythme par exemple égal à 4000 trames par seconde.

De plus, au sein de chacune des trames, les N_b bits de données sont elles-mêmes réparties en N_p ensembles de n_b bits, chacun de ces N_p ensembles étant attribué à une sous-porteuse non-linéaire et destiné à être transporté par cette sous-porteuse.

25 Ainsi, lors de N_t étapes 24 réalisées de manière successive, le modem émetteur 3 émet successivement chacune des N_t trames de données vers le terminal récepteur 9, en modulant chacune des N_p sous-porteuses en fonction de la valeur des n_b bits de données de la trame qui lui sont associés, et en émettant l'ensemble des N_p sous-porteuses simultanément vers le réseau 5.

30 Chaque étape 24 comprend ainsi une étape 26 de modulation, lors de laquelle le modem émetteur 3 module chacune des N_p sous-porteuses, et plus précisément la valeur des paramètres x_1 , r , q_0 et t_0 de ces sous-porteuses, en fonction de la valeur des n_b bits de données à émettre qui sont associés à cette sous-porteuse.

35 A l'issue de l'étape 26 de modulation, chacune des sous-porteuses non-linéaires de fréquence f_k , notée $x'_k(t)$, s'exprime sous la forme :

$$x'_k(t) = x_0 + x'_1 * \cos(q'_0 - t'_0) * h \cos(2\pi f_k(t - t'_0), r') + x_1 * \sin(q'_0 - t'_0) * h \sin(2\pi f_k(t - t'_0), r')$$

dans laquelle on a noté x'_1 , r' , q'_0 et t'_0 les valeurs particulières des paramètres x_1 , r , q_0 et t_0 correspondant aux valeurs des n_b bits de données qui doivent être transmis par cette sous-porteuse.

5 L'étape 26 de modulation est alors suivie d'une étape 28 d'émission, lors de laquelle le modem émetteur 3 émet un signal $X(t)$ composé de la somme de l'ensemble des sous-porteuses non-linéaires modulées vers le réseau 5, à destination du terminal récepteur 9. Ce signal s'exprime ainsi par ;

$$X(t) = \sum_k x'_k(t).$$

10 Les signaux correspondant aux N_t trames de données, successivement émis par le modem émetteur 3, sont transportés à travers le réseau 5 dans une étape 30 de transport, puis successivement reçus par le modem récepteur 7.

Dans une étape 32 de démodulation, réalisée au fur et à mesure de la réception par le modem récepteur 7 des signaux $X(t)$ associés à chacune des trames émises par le modem émetteur 3, le modem récepteur 7 extrait de chaque signal $X(t)$ reçu la valeur des données portées par ce signal.

A cette fin, le modem récepteur 7 applique une transformée de Fourier rapide sur le signal $X(t)$ reçu, de manière à obtenir le spectre de Fourier de ce signal, composé d'un ensemble d'harmoniques à des fréquences multiples de la fréquence de base f_1 .

20 A partir de ce spectre, le modem récepteur 7 détermine de manière itérative la valeur des amplitudes A_1^k et A_2^k et des phases Φ_1^k et Φ_2^k des deux premiers modes de Fourier de chacune des sous-porteuses modulées $x'_k(t)$ de fréquence f_k , en déduit la valeur des paramètres x'_1 , r' , q'_0 et t'_0 de chacune de ces sous-porteuses, à partir des relations (13) ci-dessus, et soustrait à chaque itération l'ensemble des contributions au spectre de Fourier de la sous-porteuse de fréquence f_k .

25 Pour ce faire, lors d'une itération 1, le modem récepteur 7 détermine dans un premier temps la valeur des amplitudes A_1^1 et A_2^1 et des phases Φ_1^1 et Φ_2^1 des deux premiers modes de Fourier de la sous-porteuse de fréquence f_1 , à partir des harmoniques du spectre de Fourier de fréquences f_1 et $2f_1$. Le modem récepteur 7 déduit alors à partir de ces valeurs d'amplitudes et de phases les valeurs des paramètres x'_1 , r' , q'_0 et t'_0 associés à cette sous-porteuse, paramètres qui déterminent entièrement l'équation de cette sous-porteuse. A partir de cette équation, le modem récepteur 7 calcule les valeurs des harmoniques de fréquences multiples de f_1 , qui sont présentes dans le spectre de

Fourier du signal reçu, et soustrait ces harmoniques du spectre de Fourier. Ainsi, à l'issue de l'itération 1, le spectre de Fourier du signal $X(t)$ reçu ne comprend plus aucune harmonique de la sous-porteuse de fréquence f_1 .

De manière similaire, à chaque itération k , le modem récepteur 7 détermine la
 5 valeur des amplitudes A_1^k et A_2^k et des phases Φ_1^k et Φ_2^k des deux premiers modes de Fourier de la sous-porteuse de fréquence f_k , à partir des harmoniques du spectre de Fourier de fréquences f_k et $2 f_k$, et déduit de ces valeurs d'amplitudes et de phases les valeurs des paramètres x_1' , r' , q_0' et t_0' associés à la sous-porteuse de fréquence f_k . Puis, le modem récepteur calcule les valeurs des harmoniques de fréquences multiples de f_k , et
 10 soustrait ces harmoniques du spectre de Fourier.

A l'issue de l'étape 32 de démodulation, les valeurs des paramètres x_1' , r' , q_0' et t_0' associés à chaque sous-porteuse modulée $x_k'(t)$, donc les valeurs des $N_p \cdot n_b$ bits de données, sont connues du modem récepteur 7.

Celui-ci transmet alors, dans une étape 36, l'ensemble de ces données au terminal
 15 récepteur.

Les étapes 32 et 36 sont mises en œuvre par le modem récepteur pour chacun des N_t signaux correspondant aux N_t trames de données émises par le modem émetteur 3.

Ce procédé de transport de données par des ondes porteuses non-linéaires
 20 permet d'accroître la résistance aux perturbations extérieures reçues sur la ligne de transmission et à l'atténuation observée sur cette ligne. Cette résistance aux perturbations est notamment induite par le fait que les paramètres x_1' , r' , q_0' et t_0' associés à chaque sous-porteuse de fréquence f_k sont déterminés à partir des deux premiers modes de Fourier, de fréquence f_k et $2 f_k$ de cette sous-porteuse. Il est dès lors possible d'obtenir
 25 après démodulation des valeurs des paramètres x_1' , r' , q_0' et t_0' conformes aux valeurs émises par le modem émetteur 3, même en présence de bruit sur le canal de transmission entre les modems émetteur 3 et récepteur.

Par ailleurs, la robustesse du procédé peut être encore améliorée, par exemple lorsque le canal de transmission est très fortement bruité, en déterminant les valeurs de
 30 paramètres x_1' , r' , q_0' et t_0' à partir de plus de deux modes de Fourier de chaque sous-porteuse.

Ainsi, selon un autre mode de réalisation, les valeurs des paramètres x_1' , r' , q_0' et t_0' associés à une sous-porteuse de fréquence f_k peuvent être déterminées de manière

encore plus précise à partir des trois premiers modes de Fourier de cette sous-porteuse, c'est-à-dire à partir des harmoniques du spectre de Fourier de fréquences f_k , $2f_k$ et $3f_k$.

La robustesse au bruit et aux atténuations du procédé selon l'invention permet notamment d'augmenter le nombre n_b de bits codés par chaque sous-porteuse, et donc

5

Il devra toutefois être compris que l'exemple de réalisation présenté ci-dessus n'est pas limitatif.

Notamment, selon un autre mode de réalisation de l'invention, chaque sous-porteuse peut présenter une forme plus complexe que la forme (8) décrite ci-dessus et ainsi faire intervenir plus de quatre paramètres.

10

De manière générale, toute onde non-linéaire de la forme $x(t) = x_0 + x_1 \cos(\Phi(t) - p_0)$ avec :

$$\Phi(t) = 2\pi f t + \sum_{k=1}^n a_k p \sin_1(2\pi f(t - t_k), r_k) - b_k p \cos_1(2\pi f(t - t_k), r_k)$$

peut être utilisée pour le transport de données, ces données étant codées par modulation des paramètres a_k , b_k , t_k , r_k et x_1 .

15

Les paramètres a_k , b_k , t_k , r_k et x_1 peuvent alors être déterminés lors de l'étape 32 de démodulation par optimisation.

Par ailleurs, le signal $X(t)$ émis peut comprendre à la fois des ondes porteuses non-linéaires modulées conformément au procédé selon l'invention et des ondes porteuses linéaires modulées en amplitude et en phase, conformément au standard ADSL. La proportion d'ondes porteuses linéaires et non-linéaires est alors ajustable en fonction de la qualité de la transmission le long du canal de transmission, la proportion de données transmises par l'intermédiaire d'ondes porteuses non-linéaires étant accrue lorsque la qualité de cette transmission se dégrade.

20

25

REVENDICATIONS

1.- Procédé de transmission de données numériques (D) d'au moins un émetteur (1, 3) vers au moins un récepteur (7, 9) à travers un canal de communication par modulation de paramètres caractéristiques ($q_0, r, t_0, x_1; a_k, b_k, t_k, r_k, x_1$) d'au moins une onde porteuse ($x(t)$), caractérisé en ce que ladite onde porteuse ($x(t)$) est une onde non-linéaire, de la forme $x(t) = x_0 + x_1 \cos(\Phi(t) - p_0)$ où $\Phi(t)$, phase de ladite onde, est une fonction croissante non-linéaire du temps t et p_0 une origine de phase, et en ce que le procédé comprend les étapes suivantes :

- expression de ladite onde porteuse en fonction de paramètres ($q_0, r, t_0, x_1; a_k, b_k, t_k, r_k, x_1$) caractéristiques de la non-linéarité de ladite onde et de sa morphologie ;
- modulation (26) de la valeur desdits paramètres caractéristiques ($q_0, r, t_0, x_1; a_k, b_k, t_k, r_k, x_1$) en fonction de la valeur d'au moins une partie desdites données numériques (D) ;
- transmission (30) d'un signal ($X(t)$) comprenant au moins ladite onde porteuse modulée ($x'_k(t)$) à travers ledit canal de communication ;
- réception dudit signal ($X(t)$) par ledit récepteur ;
- détermination (32), à partir dudit signal ($X(t)$), de la valeur desdits paramètres ($q_0, r, t_0, x_1; a_k, b_k, t_k, r_k, x_1$) caractéristiques de l'onde porteuse modulée ($x'_k(t)$).

2.- Procédé de transmission de données numériques (D) selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape d'expression de ladite onde porteuse en fonction de paramètres (a_k, b_k, t_k, r_k, x_1) caractéristiques de la non-linéarité de ladite onde et de sa morphologie comprend une étape d'expression de ladite phase sous la forme :

$$\Phi(t) = 2\pi f t + \sum_{k=1}^n a_k p \sin_1(2\pi f(t - t_k), r_k) - b_k p \cos_1(2\pi f(t - t_k), r_k)$$

dans laquelle f est la fréquence de ladite onde et les paramètres a_k, b_k, t_k, r_k et x_1 sont des paramètres caractéristiques de la non-linéarité de ladite onde et de sa morphologie, les fonctions $p \sin_1$ et $p \cos_1$ étant définies par :

$$p \cos_1(t, r) = \sum_{k=1}^{\infty} \cos(kt) \frac{r^k}{k} \text{ et } p \sin_1(t, r) = \sum_{k=1}^{\infty} \sin(kt) \frac{r^k}{k}.$$

3.- Procédé de transmission de données numériques (D) selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite onde porteuse ($x(t)$) est exprimée en fonction de paramètres (q_0, r, t_0, x_1) caractéristiques de la non-linéarité de ladite onde ($x(t)$) et de sa morphologie sous la forme :

14

$$x(t) = x_0 + x_1 * \cos(q_0 - t_0) * h\cos(2\pi f(t - t_0), r) + x_1 * \sin(q_0 - t_0) * h\sin(2\pi f(t - t_0), r)$$

dans laquelle f est la fréquence de l'onde porteuse, les fonctions $h\cos$ et $h\sin$ sont définies par :

$$h\cos : (t, r) \rightarrow \frac{(1+r^2)\cos(t)+2r}{1+r^2-2r\cos(t)} \text{ et } h\sin : (t, r) \rightarrow \frac{(1-r^2)\sin(t)}{1+r^2-2r\cos(t)}, \text{ et } q_0 = \frac{p_0}{2\pi f} + t_0$$

5 4.- Procédé de transmission de données numériques (D) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en que l'étape (32) de détermination de la valeur desdits paramètres (q_0 , r , t_0 , x_1) caractéristiques de l'onde porteuse modulée ($x'_k(t)$) comprend les étapes suivantes :

- analyse de Fourier dudit signal ($X(t)$);

10 - détermination de la valeur de coefficients ($A_1^k, A_2^k, \Phi_1^k, \Phi_2^k$) d'au moins deux premiers modes de Fourier de ladite onde porteuse modulée ($x'_k(t)$);

- détermination de la valeur desdits paramètres (q_0 , r , t_0 , x_1) caractéristiques de l'onde porteuse modulée ($x'_k(t)$) à partir de la valeur desdits coefficients ($A_1^k, A_2^k, \Phi_1^k, \Phi_2^k$) desdits modes de Fourier de l'onde porteuse modulée ($x'_k(t)$).

15 5.- Procédé de transmission de données numériques (D) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit signal ($X(t)$) comprend au moins deux ondes porteuses non-linéaires de fréquences différentes.

20 6.- Système de transmission de données numériques (D) d'au moins un émetteur (1, 3) vers au moins un récepteur (7, 9) à travers un canal (5) de communication par modulation de paramètres caractéristiques ($q_0, r, t_0, x_1; a_k, b_k, t_k, r_k, x_1$) d'au moins une onde porteuse ($x(t)$), caractérisé en ce que ladite onde porteuse ($x(t)$) est une onde non-linéaire, de la forme $x(t) = x_0 + x_1 \cos(\Phi(t) - p_0)$ où $\Phi(t)$, phase de ladite onde, est une fonction croissante non-linéaire du temps t et p_0 est une origine de phase, et en ce que ledit système comprend :

25 - des moyens (3) pour exprimer ladite onde porteuse ($x(t)$) en fonction de paramètres ($q_0, r, t_0, x_1; a_k, b_k, t_k, r_k, x_1$) caractéristiques de la non-linéarité de ladite onde et de sa morphologie ;

30 - des moyens (3) pour moduler la valeur desdits paramètres caractéristiques ($q_0, r, t_0, x_1; a_k, b_k, t_k, r_k, x_1$) en fonction de la valeur d'au moins une partie desdites données numériques (D) ;

- des moyens (3) pour transmettre un signal ($X(t)$) comprenant au moins ladite onde porteuse modulée ($x'_k(t)$) à travers ledit canal (5) de communications ;

15

- des moyens (7) pour déterminer, à partir dudit signal ($X(t)$), la valeur desdits paramètres (q_0, r, t_0, x_1 ; a_k, b_k, t_k, r_k, x_1) caractéristiques de l'onde porteuse modulée ($x'_k(t)$).

5 7.- Système de transmission de données numériques (D) selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens (3) pour exprimer ladite onde porteuse en fonction de paramètres (a_k, b_k, t_k, r_k, x_1) caractéristiques de la non-linéarité de ladite onde et de sa morphologie comprennent des moyens pour exprimer ladite phase sous la forme :

$$\Phi(t) = 2\pi ft + \sum_{k=1}^n a_k p \sin_1(2\pi f(t - t_k), r_k) - b_k p \cos_1(2\pi f(t - t_k), r_k)$$

10 dans laquelle f est la fréquence de ladite onde et les paramètres a_k, b_k, t_k, r_k et x_1 sont des paramètres caractéristiques de la non-linéarité de ladite onde et de sa morphologie, les fonctions $p \sin_1$ et $p \cos_1$ étant définies par :

$$p \cos_1(t, r) = \sum_{k=1}^{\infty} \cos(kt) \frac{r^k}{k} \text{ et } p \sin_1(t, r) = \sum_{k=1}^{\infty} \sin(kt) \frac{r^k}{k}.$$

15 8.- Système de transmission de données numériques (D) selon l'une des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour exprimer ladite onde porteuse ($x(t)$) en fonction de paramètres (q_0, r, t_0, x_1) caractéristiques de la non-linéarité de ladite onde ($x(t)$) et de sa morphologie sous la forme :

$$x(t) = x_0 + x_1 * \cos(q_0 - t_0) * h \cos(2\pi f(t - t_0), r) + x_1 * \sin(q_0 - t_0) * h \sin(2\pi f(t - t_0), r)$$

dans laquelle f est la fréquence de l'onde porteuse, les fonctions $h \cos$ et $h \sin$ sont définies par :

20
$$h \cos : (t, r) \rightarrow \frac{(1+r^2)\cos(t) + 2r}{1+r^2-2r\cos(t)} \text{ et } h \sin : (t, r) \rightarrow \frac{(1-r^2)\sin(t)}{1+r^2-2r\cos(t)}, \text{ et } q_0 = \frac{p_0}{2\pi f} + t_0.$$

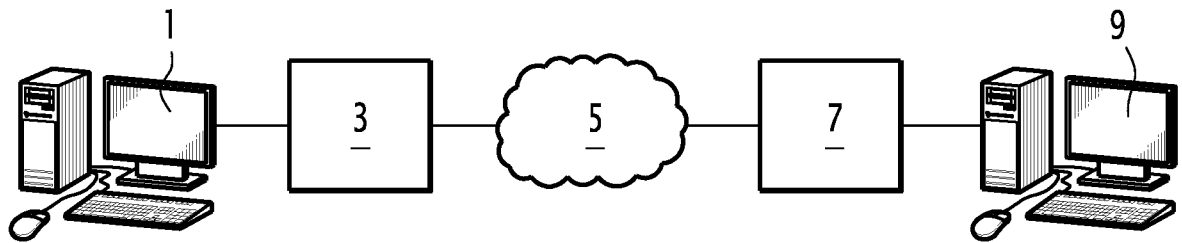
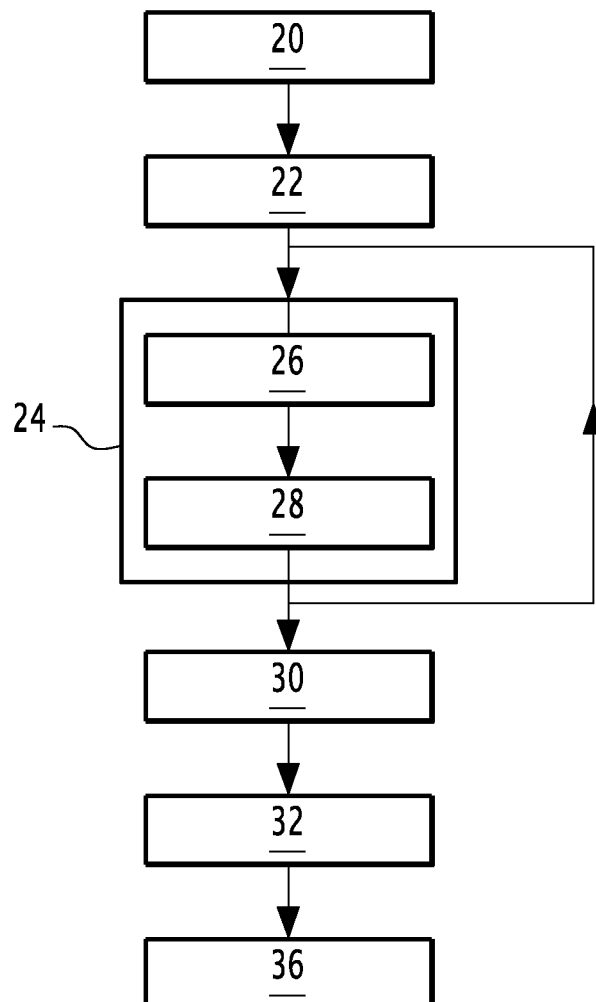
9.- Système de transmission de données numériques (D) selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que les moyens (7) pour déterminer la valeur desdits paramètres (q_0, r, t_0, x_1) caractéristiques de l'onde porteuse modulée ($x'_k(t)$) comprennent :

- 25
- des moyens pour réaliser une analyse de Fourier dudit signal ($X(t)$);
 - des moyens pour déterminer la valeur de coefficients ($A_1^k, A_2^k, \Phi_1^k, \Phi_2^k$) d'au moins deux premiers modes de Fourier de ladite onde porteuse modulée ($x'_k(t)$);
 - des moyens pour déterminer la valeur desdits paramètres (q_0, r, t_0, x_1) caractéristiques de l'onde porteuse modulée ($x'_k(t)$) à partir de la valeur desdits

coefficients $(A_1^k, A_2^k, \Phi_1^k, \Phi_2^k)$ desdits modes de Fourier de l'onde porteuse modulée $(x_k'(t))$.

- 5 10.- Système de transmission de données numériques (D) selon l'une des revendications 6 à 9, caractérisé en ce que ledit signal $(X(t))$ comprend au moins deux ondes porteuses non-linéaires de fréquences différentes.

1/1

FIG.1FIG.2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2011/051971

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G06F17/14 H04L27/32
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G06F H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	FR 2 955 187 A1 (C.N.R.S. [FR]) 15 July 2011 (2011-07-15)	1,5,6,10
Y,P	* le document en entier *	2,7
Y,P	----- HANUSSE P: "A novel approach to anharmonicity for a wealth of applications in nonlinear science technologies", INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLICATIONS IN NONLINEAR DYNAMICS (ICAND 2010), 21-24 SEPTEMBER 2010, ALBERTA, CANADA, AIP CONFERENCE PROCEEDINGS, vol. 1339, 19 April 2011 (2011-04-19), pages 303-308, XP055012260, * le document en entier * ----- -/--	2,7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 November 2011

Date of mailing of the international search report

30/11/2011

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Domingo Vecchioni, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2011/051971

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>Centre de Recherche Paul Pascal: "Présentation de l'équipe Structures et dynamiques non-linéaires", Site Internet du Centre de Recherche Paul Pascal, Bordeaux, France, 9 October 2005 (2005-10-09), XP007917496, Retrieved from the Internet: URL:http://www.crpp.bordeaux.cnrs.fr [retrieved on 2010-09-28] * section "Signaux périodiques non linéaires" *</p>	1-10
L	<p>Centre de Recherche Paul Pascal: "Archive du séminaire du Centre de Recherche Paul Pascal", Site Internet du Centre de Recherche Paul Pascal, Bordeaux, France, XP007917497, Retrieved from the Internet: URL:http://www.crpp-bordeaux.cnrs.fr [retrieved on 2011-03-07] * page 20 : présentation le 8 octobre 2008 par P. Hanusse "Phénomènes périodiques non-linéaires : Théorie de l'anharmonicité" *</p>	1-10
A	<p>Hanusse P: "Théorie de l'anharmonicité des phénomènes périodiques non-linéaires", Résumé d'un exposé soumis pour la 13e Rencontre du Non-Linéaire, 10-12 mars 2010, Paris, France, 8 January 2010 (2010-01-08), XP055012353, Serveur du site Internet de la 13e Rencontre du Non Linéaire Retrieved from the Internet: URL:http://nonlineaire.univ-lille1.fr/SNL/media/2010/resumes/hanusse_patrick.pdf [retrieved on 2011-11-17] * le document en entier *</p>	1-10
A	<p>Institut Henri Poincaré: "Résumés des exposés de la 13e Rencontre du Non-Linéaire (version du 13.01.2010)", Serveur du site Internet de la 13e Rencontre du Non Linéaire, 10-12 mars 2010, Paris, France, 13 January 2010 (2010-01-13), XP055012351, Retrieved from the Internet: URL:http://nonlineaire.univ-lille1.fr/SNL/media/2010/resumes/ResumesRNL2010se1.pdf [retrieved on 2011-11-17] * page 24 *</p>	1-10
	-/--	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2011/051971

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
L	<p>Institut Henri Poincaré: "Résumés des exposés de la 13e Rencontre du Non-Linéaire (version du 08.03.2010)", Serveur du site Internet de la 13e Rencontre du Non Linéaire, 10-12 mars 2010, Paris, France, 8 March 2010 (2010-03-08), XP055012352, Retrieved from the Internet: URL:http://nonlineaire.univ-lille1.fr/SNL/media/2010/resumes/ResumesRNL2010.pdf [retrieved on 2011-11-17] * table des matières *</p> <p>-----</p>	
L	<p>Science Non-Linéaire: "Index of /SNL/media/2010/resumes", Serveur du site Internet de la 13e Rencontre du Non Linéaire, 10-12 mars 2010, Paris, France, XP055012387, Retrieved from the Internet: URL:http://nonlineaire.univ-lille1.fr/SNL/media/2010/resumes/ [retrieved on 2011-11-17] * Fichiers ResumesRNL2010.pdf, ResumesRNL2010sel.pdf et hanusse_patrick.pdf *</p> <p>-----</p>	
L	<p>Science Non-Linéaire: "Programme de la 13e Rencontre du Non-Linéaire", Serveur du site Internet de la 13e Rencontre du Non Linéaire, 10-12 mars 2010, Paris, France, 8 March 2010 (2010-03-08), XP055012355, Retrieved from the Internet: URL:http://nonlineaire.univ-lille1.fr/SNL/media/2010/programme/ProgrammeRNL2010.pdf [retrieved on 2011-11-17] * le document en entier *</p> <p>-----</p>	
L	<p>HANUSSE P: "Théorie de l'anharmonicité des phénomènes périodiques non-linéaires", Résumé d'un exposé soumis pour la 14e Rencontre du Non-Linéaire, 16-18 mars 2011, Paris, France, 7 March 2011 (2011-03-07), page 1, XP007917498, Serveur du site Internet de la 14e Rencontre du Non Linéaire Retrieved from the Internet: URL:http://nonlineaire.univ-lille1.fr/SNL/media/2011/resumes/hanusse_patrick.pdf [retrieved on 2011-03-07] * le document en entier *</p> <p>-----</p> <p style="text-align: center;">-/--</p>	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2011/051971

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
L	Science Non-Linéaire: "Programme de la 14e Rencontre du Non-Linéaire", Serveur du site Internet de la 14e Rencontre du Non Linéaire, 16-18 mars 2011, Paris, France, 15 March 2011 (2011-03-15), XP055012356, Retrieved from the Internet: URL: http://nonlineaire.univ-lille1.fr/SNL/media/2011/programme/ProgrammeRNL2011.pdf [retrieved on 2011-11-17] * le document en entier *	
A	----- Kraskov A et al: "Extracting phases from aperiodic signals", arXiv:cond-mat/0409382v1 [cond-mat.dis-nn], 15 September 2004 (2004-09-15), XP002627501, Retrieved from the Internet: URL: http://arxiv.org/PS_cache/cond-mat/pdf/0409/0409382v1.pdf [retrieved on 2011-03-07] * page 1, colonne de gauche, paragraphe 2 * -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2011/051971

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2955187 A1	15-07-2011	FR 2955187 A1	15-07-2011
		US 2011238719 A1	29-09-2011

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2011/051971

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. G06F17/14 H04L27/32
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
G06F H04L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X,P	FR 2 955 187 A1 (C.N.R.S. [FR]) 15 juillet 2011 (2011-07-15)	1,5,6,10
Y,P	* le document en entier *	2,7
Y,P	----- HANUSSE P: "A novel approach to anharmonicity for a wealth of applications in nonlinear science technologies", INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLICATIONS IN NONLINEAR DYNAMICS (ICAND 2010), 21-24 SEPTEMBER 2010, ALBERTA, CANADA, AIP CONFERENCE PROCEEDINGS, vol. 1339, 19 avril 2011 (2011-04-19), pages 303-308, XP055012260, * le document en entier *	2,7
	----- -/-	



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

24 novembre 2011

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

30/11/2011

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Domingo Vecchioni, M

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>Centre de Recherche Paul Pascal: "Présentation de l'équipe Structures et dynamiques non-linéaires", Site Internet du Centre de Recherche Paul Pascal, Bordeaux, France, 9 octobre 2005 (2005-10-09), XP007917496, Extrait de l'Internet: URL:http://www.crpp.bordeaux.cnrs.fr [extrait le 2010-09-28] * section "Signaux périodiques non linéaires" *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-10
L	<p>Centre de Recherche Paul Pascal: "Archive du séminaire du Centre de Recherche Paul Pascal", Site Internet du Centre de Recherche Paul Pascal, Bordeaux, France, XP007917497, Extrait de l'Internet: URL:http://www.crpp-bordeaux.cnrs.fr [extrait le 2011-03-07] * page 20 : présentation le 8 octobre 2008 par P. Hanusse "Phénomènes périodiques non-linéaires : Théorie de l'anharmonicité" *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-10
A	<p>Hanusse P: "Théorie de l'anharmonicité des phénomènes périodiques non-linéaires", Résumé d'un exposé soumis pour la 13e Rencontre du Non-Linéaire, 10-12 mars 2010, Paris, France, 8 janvier 2010 (2010-01-08), XP055012353, Serveur du site Internet de la 13e Rencontre du Non Linéaire Extrait de l'Internet: URL:http://nonlineaire.univ-lille1.fr/SNL/media/2010/resumes/hanusse_patrick.pdf [extrait le 2011-11-17] * le document en entier *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-10
A	<p>Institut Henri Poincaré: "Résumés des exposés de la 13e Rencontre du Non-Linéaire (version du 13.01.2010)", Serveur du site Internet de la 13e Rencontre du Non Linéaire, 10-12 mars 2010, Paris, France, 13 janvier 2010 (2010-01-13), XP055012351, Extrait de l'Internet: URL:http://nonlineaire.univ-lille1.fr/SNL/media/2010/resumes/ResumesRNL2010se1.pdf [extrait le 2011-11-17] * page 24 *</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p style="text-align: center;">-/--</p>	1-10

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
L	<p>Institut Henri Poincaré: "Résumés des exposés de la 13e Rencontre du Non-Linéaire (version du 08.03.2010)", Serveur du site Internet de la 13e Rencontre du Non Linéaire, 10-12 mars 2010, Paris, France, 8 mars 2010 (2010-03-08), XP055012352, Extrait de l'Internet: URL:http://nonlineaire.univ-lille1.fr/SNL/media/2010/resumes/ResumesRNL2010.pdf [extrait le 2011-11-17] * table des matières *</p> <p>-----</p>	
L	<p>Science Non-Linéaire: "Index of /SNL/media/2010/resumes", Serveur du site Internet de la 13e Rencontre du Non Linéaire, 10-12 mars 2010, Paris, France, XP055012387, Extrait de l'Internet: URL:http://nonlineaire.univ-lille1.fr/SNL/media/2010/resumes/ [extrait le 2011-11-17] * Fichiers ResumesRNL2010.pdf, ResumesRNL2010sel.pdf et hanusse_patrick.pdf *</p> <p>-----</p>	
L	<p>Science Non-Linéaire: "Programme de la 13e Rencontre du Non-Linéaire", Serveur du site Internet de la 13e Rencontre du Non Linéaire, 10-12 mars 2010, Paris, France, 8 mars 2010 (2010-03-08), XP055012355, Extrait de l'Internet: URL:http://nonlineaire.univ-lille1.fr/SNL/media/2010/programme/ProgrammeRNL2010.pdf [extrait le 2011-11-17] * le document en entier *</p> <p>-----</p>	
L	<p>HANUSSE P: "Théorie de l'anharmonicité des phénomènes périodiques non-linéaires", Résumé d'un exposé soumis pour la 14e Rencontre du Non-Linéaire, 16-18 mars 2011, Paris, France, 7 mars 2011 (2011-03-07), page 1, XP007917498, Serveur du site Internet de la 14e Rencontre du Non Linéaire Extrait de l'Internet: URL:http://nonlineaire.univ-lille1.fr/SNL/media/2011/resumes/hanusse_patrick.pdf [extrait le 2011-03-07] * le document en entier *</p> <p>-----</p> <p style="text-align: center;">-/--</p>	

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
L	<p>Science Non-Linéaire: "Programme de la 14e Rencontre du Non-Linéaire", Serveur du site Internet de la 14e Rencontre du Non Linéaire, 16-18 mars 2011, Paris, France, 15 mars 2011 (2011-03-15), XP055012356, Extrait de l'Internet: URL:http://nonlineaire.univ-lille1.fr/SNL/media/2011/programme/ProgrammeRNL2011.pdf [extrait le 2011-11-17] * le document en entier *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	
A	<p>Kraskov A et al: "Extracting phases from aperiodic signals", arXiv:cond-mat/0409382v1 [cond-mat.dis-nn], 15 septembre 2004 (2004-09-15), XP002627501, Extrait de l'Internet: URL:http://arxiv.org/PS_cache/cond-mat/pdf/0409/0409382v1.pdf [extrait le 2011-03-07] * page 1, colonne de gauche, paragraphe 2 *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-10

Cadre n° II Observations - lorsqu'il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (suite du point 2 de la première feuille)

Le rapport de recherche internationale n'a pas été établi en ce qui concerne certaines revendications conformément à l'article 17.2)a) pour les raisons suivantes :

1. ☐ Les revendications n^{os} se rapportent à un objet à l'égard duquel l'administration chargée de la recherche internationale n'est pas tenue de procéder à la recherche, à savoir :
2. ☒ Les revendications n^{os} 1-10(en partie) parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande internationale qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier :
voir FEUILLE ANNEXÉE PCT/ISA/210
3. ☐ Les revendications n^{os} parce qu'elles sont des revendications dépendantes et ne sont pas rédigées conformément aux dispositions de la deuxième et de la troisième phrases de la règle 6.4.a).

Cadre n° III Observations - lorsqu'il y a absence d'unité de l'invention (suite du point 3 de la première feuille)

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs inventions dans la demande internationale, à savoir:

1. ☐ Comme toutes les taxes additionnelles exigées ont été payées dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale porte sur toutes les revendications pouvant faire l'objet d'une recherche.
2. ☐ Comme toutes les revendications qui se prêtent à la recherche ont pu faire l'objet de cette recherche sans effort particulier justifiant des taxes additionnelles, l'administration chargée de la recherche internationale n'a sollicité le paiement d'aucunes taxes de cette nature.
3. ☐ Comme une partie seulement des taxes additionnelles demandées a été payée dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur les revendications pour lesquelles les taxes ont été payées, à savoir les revendications n^{os} :
4. ☐ Aucune taxes additionnelles demandées n'ont été payées dans les délais par le déposant. En conséquence, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications; elle est couverte par les revendications n^{os} :

- Remarque quant à la réserve**
- ☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant et, le cas échéant, du paiement de la taxe de réserve.
- ☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant mais la taxe de réserve n'a pas été payée dans le délai prescrit dans l'invitation.
- ☐ Le paiement des taxes additionnelles n'était assorti d'aucune réserve.

SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDICUES SUR PCT/ISA/ 210

Suite du cadre II.2

Revendications nos.: 1-10(en partie)

Pour les raisons indiquées au point VII de l'opinion écrite, la présente demande n'expose pas l'invention de façon suffisamment claire et complète pour qu'un homme du métier puisse la mettre en oeuvre (article 5 PCT). Au vu de ce défaut fondamental de la demande une recherche complète est impossible. L'objet de la recherche a donc été limité (article 17(2)(a)(ii) et (b) PCT) à chercher dans la documentation technique et mathématique si l'homme du métier peut être considéré comme ayant disposé à la date de dépôt de connaissances générales lui permettant de mettre en oeuvre l'invention sur la base des informations qui lui sont fournies dans la présente demande. Le résultat de cette recherche est que cela ne semble pas être le cas. De manière accidentelle, des documents pouvant être pertinents s'il s'avérait que la question de la nouveauté et de l'activité inventive venait à se poser (ce qui n'est pas le cas actuellement) ont été trouvés dans le cadre de cette recherche limitée. Ces documents sont indiqués dans le rapport de recherche.

L'attention du déposant est attirée sur le fait que les revendications ayant trait aux inventions pour lesquelles aucun rapport de recherche n'a été établi ne peuvent faire obligatoirement l'objet d'un rapport préliminaire d'examen (Règle 66.1(e) PCT). Le déposant est averti que la ligne de conduite adoptée par l'OEB agissant en qualité d'administration chargée de l'examen préliminaire international est, normalement, de ne pas procéder à un examen préliminaire sur un sujet n'ayant pas fait l'objet d'une recherche. Cette attitude restera inchangée, indépendamment du fait que les revendications aient ou n'aient pas été modifiées, soit après la réception du rapport de recherche, soit pendant une quelconque procédure sous le Chapitre II. Si la demande devait être poursuivie dans la phase régionale devant l'OEB, il est rappelé au déposant qu'une recherche pourrait être effectuée durant la procédure d'examen devant l'OEB (voir Directive OEB C-VI, 8.2) à condition que les problèmes ayant conduit à la déclaration conformément à l'Article 17(2) PCT aient été résolus.

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

PCT/FR2011/051971

Formulaire PCT/ISA/210 (annexe familles de brevets) (avril 2005)