



(11)

**EP 2 686 845 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**07.01.2015 Bulletin 2015/02**

(51) Int Cl.:  
**G10L 25/48<sup>(2013.01)</sup> G01H 3/08<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Numéro de dépôt: **12709111.4**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/EP2012/054758**

(22) Date de dépôt: **19.03.2012**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 2012/126870 (27.09.2012 Gazette 2012/39)**

(54) **PROCEDE ET SYSTEME DE PREDICTION DE L'AUDIBILITE D'UNE EMERGENCE  
FREQUENTIELLE D'UN SIGNAL**

VERFAHREN UND SYSTEM ZUR VORHERSAGE DER HÖRBARKEIT EINER  
FREQUENZEMERGENZ EINES SIGNALS

METHOD AND SYSTEM FOR PREDICTING THE AUDIBILITY OF A FREQUENCY EMERGENCE  
OF A SIGNAL

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(74) Mandataire: **Casalonga, Axel**  
**Casalonga & Associés**  
**8, avenue Percier**  
**75008 Paris (FR)**

(30) Priorité: **18.03.2011 FR 1152244**

(56) Documents cités:

(43) Date de publication de la demande:  
**22.01.2014 Bulletin 2014/04**

- **GLASBERG BRIAN R ET AL: "Development and Evaluation of a Model for Predicting the Audibility of Time-Varying Sounds in the Presence of Background Sounds", JAES, AES, 60 EAST 42ND STREET, ROOM 2520 NEW YORK 10165-2520, USA, vol. 53, no. 10, 1 octobre 2005 (2005-10-01), pages 906-918, XP040507481,**
- **QING YANG ET AL: "A higher-order spectro-temporal integration model for predicting signal audibility", ACOUSTICS SPEECH AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP), 2010 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 14 mars 2010 (2010-03-14), pages 193-196, XP031697974, ISBN: 978-1-4244-4295-9**
- **F. Dubois, S.Meunier, G.Rabau, F.Poisson, G.Guyader: "Détection de sources émergentes au sein d'un bruit large bande : mécanismes perceptifs et applications", 10ème Congrès Français d'Acoustique , 12 avril 2010 (2010-04-12), 16 avril 2010 (2010-04-16), pages 1-6, XP002661490, Lyon, France Extrait de l'Internet: URL:http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/0/0/54/26/05/PDF/000323.pdf [extrait le 2011-10-04]**

(73) Titulaires:

- **Renault s.a.s.**  
**92100 Boulogne-Billancourt (FR)**
- **Société Nationale des**  
**Chemins de Fer Français - SNCF**  
**75014 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:

- **GUYADER, Gaël**  
**F-28210 Chaudon (FR)**
- **DUBOIS, Françoise**  
**F-13006 Marseille (FR)**
- **POISSON, Franck**  
**F-72100 Le Mans (FR)**
- **MEUNIER, Sabine**  
**F-13009 Marseille (FR)**
- **RABAU, Guy**  
**F-13009 Marseille (FR)**
- **LOCQUETEAU, Christophe**  
**F-27930 Huest (FR)**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

**EP 2 686 845 B1**

- D.M. GREEN, J.A. SWETS: "Signal Detection Theory and Psychophysics, 2nd edition", 1974, Krieger Publishing Company, New York, XP002661491, ISBN: 0-88275-139-5 pages 1-479, cité dans la demande page 209 - page 232 page 276 - page 295 figures 8-1
- UNOKI MASASHI ET AL: "Comparison of the roex and gammachirp filters as representations of the auditory filter", THE JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS FOR THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, NEW YORK, NY, US, vol. 120, no. 3, 1 janvier 2006 (2006-01-01), pages 1474-1492, XP012090667, ISSN: 0001-4966, DOI: 10.1121/1.2228539
- Zwicker E, Fastl H.: "Psychoacoustics Facts and Models, second edition", 1999, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, XP002661492, ISBN: 3-540-65063-6 cité dans la demande alinéas [04.1], [04.2] alinéa [07.1]

## Description

[0001] L'invention concerne la prédiction de l'audibilité de signaux, en particulier l'audibilité d'émergences fréquentielles de signaux comportant une ou plusieurs composantes fréquentielles, et un bruit de fond masquant (également appelé masque).

[0002] Les émergences fréquentielles comprennent une ou plusieurs composantes fréquentielles correspondant aux raies apparaissant sur les spectres des signaux.

[0003] La prédiction de l'audibilité d'une émergence fréquentielle permet de déterminer si un auditeur sera capable d'entendre cette émergence fréquentielle masquée par un bruit de fond.

[0004] Au sein des véhicules automobiles, les systèmes tournant embarqués, par exemple les alternateurs, les systèmes de distribution, les pignons de boîte de vitesse, peuvent émettre de multiples composantes fréquentielles de niveaux variés. Par ailleurs, ces composantes fréquentielles sont, de manière classique, masquées par un bruit de fond du véhicule. Ce masque de bruit correspond par exemple aux vibrations de la voiture ou au vent extérieur.

[0005] Afin d'améliorer le confort des usagers de tels véhicules, des procédés dits de design sonore peuvent être mis en oeuvre afin de diminuer l'intensité de certaines composantes fréquentielles.

[0006] Cela étant, la présence d'une composante fréquentielle dans le spectre d'un bruit masquant n'implique pas l'audibilité de cette composante dans le masque.

[0007] On pourra notamment se référer au document « Signal Detection Theory and Psychophysics - Green D.M. and Swets J.A., 2nd édition » qui décrit la théorie de détection du signal. En particulier, des valeurs dites de seuil de détection peuvent être obtenues pour une composante fréquentielle en présence d'un bruit de fond, par exemple en procédant à des tests sur des auditeurs. On notera également que ces valeurs de seuil de détection correspondent à des indices de détectabilité, caractérisant la facilité à détecter la présence d'une émergence fréquentielle dans un bruit de fond masquant.

[0008] Il est donc possible de prédire l'audibilité d'une seule composante fréquentielle émise dans un bruit de fond masquant.

[0009] En outre, lors de l'émission d'une émergence fréquentielle comportant une pluralité de composantes fréquentielles, si chaque composante fréquentielle est présentée à son seuil de détection, connu pour chaque composante seule dans le bruit masquant, alors l'émergence fréquentielle est dite équi-détectable, et l'on peut prévoir l'audibilité de l'émergence fréquentielle dans son ensemble. Dans ce cas particulier, l'indice de détectabilité de chaque composante fréquentielle est le même, et l'indice de détectabilité de l'émergence fréquentielle dans son ensemble est égal à la racine carrée du nombre de composantes fréquentielles multipliée par l'indice de détectabilité d'une seule composante fréquentielle présentée individuellement dans le masque.

[0010] Les principes de cette technique sont divulgués dans la publication de D.M. Green "Detection of Multiple Component Signals in Noise", Journal of the Acoustical Society of America, Volume 30, Number 10, October 1958.

[0011] Les procédés de détection d'émergences fréquentielles équi-détectables ne permettent pas de prédire l'audibilité d'une émergence fréquentielle non équi-détectable masqué par un bruit complexe, c'est-à-dire comportant une pluralité de composantes fréquentielles, tel qu'un bruit de fond présent lors du roulage d'un véhicule automobile ou d'une voiture de train, dont les composantes fréquentielles ne se situent pas au niveau de leur seuil de détection.

[0012] Par ailleurs, il existe des interactions entre les composantes fréquentielles d'une émergence fréquentielle qui modifie l'audibilité de cette émergence fréquentielle dans son ensemble.

[0013] Ainsi, il est impossible de prédire l'audibilité d'une émergence fréquentielle comportant une pluralité de composantes fréquentielles et masqué par un bruit complexe.

[0014] La publication de F.Dubois et al. "Detection of spectrally complex signals : Effect of difference in levels within components", Proceedings of 20th International Congress on Acoustics, ICA 2010, décrit une étude de la détection d'une pluralité de composantes fréquentielles non équi-détectables en fonction de différences de niveaux entre les composants. Des résultats expérimentaux sont commentés.

[0015] L'invention a donc pour but de résoudre les inconvénients mentionnés ci-dessus et, en particulier, de permettre la prédiction de l'audibilité d'une émergence fréquentielle masquée par un bruit de fond complexe.

[0016] Selon un aspect, il est proposé un procédé de prédiction de l'audibilité d'une émergence fréquentielle d'un signal comprenant au moins une composante fréquentielle de référence, comprenant les étapes suivantes :

- analyse dudit signal de manière à identifier un masque de bruit au sein dudit signal ;
- identification des composantes fréquentielles de l'émergence fréquentielle ;
- filtrage du signal au moyen d'une pluralité de filtres dont les bandes passantes sont respectivement centrées sur les composantes fréquentielles de manière à obtenir le masque seul au sein de la bande passante du filtre ;
- calcul du niveau de la composante fréquentielle de référence correspondant à l'audibilité de l'émergence fréquentielle dans son ensemble en fonction du niveau de chaque composante fréquentielle, du niveau du masque au sein de chaque filtre, et du seuil de détection de chaque composante fréquentielle émise seule dans le masque.

**[0017]** Un auditeur ne peut que déterminer l'audibilité de l'émergence fréquentielle dans son ensemble, le niveau de la composante de référence obtenu par le calcul correspond donc à l'audibilité de l'émergence fréquentielle dans son ensemble. Ainsi, on obtient le niveau de la composante fréquentielle de référence correspondant à l'audibilité de l'émergence fréquentielle dans son ensemble, comparable aux valeurs connues par expérimentation.

**[0018]** En outre, il est possible d'obtenir les valeurs des seuils de détection des composantes lorsqu'elles sont émises seules à travers différents masques de bruits. On pourra par exemple utiliser un masque de bruit similaire au masque dudit signal obtenu après l'étape de filtrage.

**[0019]** Avantageusement, on calcule pour chaque composante fréquentielle la différence entre, d'une part, la différence entre le niveau de la composante et le seuil de détection de la composante émise seule dans le masque et, d'autre part, la différence entre le niveau de la composante de référence et le seuil de détection de la composante de référence émise seule dans le masque.

**[0020]** Selon un autre aspect, il est proposé un système de prédiction de l'audibilité d'une émergence fréquentielle d'un signal comprenant au moins une composante fréquentielle de référence, comprenant des moyens d'analyse dudit signal aptes à identifier un masque de bruit au sein dudit signal et des composantes fréquentielles de l'émergence fréquentielle, une pluralité de filtres dont les bandes passantes sont respectivement centrées sur les composantes fréquentielles.

**[0021]** Le système comprend des moyens de calcul du niveau de la composante fréquentielle de référence correspondant à l'audibilité de l'émergence fréquentielle dans son ensemble en fonction du niveau du masque au sein de chaque filtre, et du seuil de détection de chaque composante fréquentielle émise seule dans le masque.

**[0022]** Avantageusement, les filtres sont des filtres à exponentielle arrondie.

**[0023]** La pluralité de filtres à exponentielle arrondie permet d'obtenir un filtrage semblable à celui effectué par une oreille humaine.

**[0024]** Le masque peut être un bruit d'habitacle automobile ou de voiture de train.

**[0025]** Ainsi, on obtient un système apte à prédire l'audibilité d'une émergence fréquentielle d'un signal, pouvant comporter une pluralité de composantes fréquentielles émises au sein d'un bruit complexe, par exemple un bruit d'habitacle automobile ou de voiture de train.

**[0026]** D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à l'étude de la description détaillée de modes de mise en oeuvre et de réalisation, pris à titre d'exemples non limitatifs et illustrés par les dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 illustre le spectre d'un signal comportant une pluralité de composantes fréquentielles,
- la figure 2 illustre les étapes du procédé selon l'invention, et
- la figure 3 illustre schématiquement un système selon l'invention.

**[0027]** Sur la figure 1, on a représenté le spectre d'un signal S comportant une émergence fréquentielle composée de cinq composantes fréquentielles F1, F2, F3 F4 et F5.

**[0028]** L'émergence fréquentielle est masquée par un bruit masquant M, par exemple un bruit d'habitacle automobile ou de voiture de train.

**[0029]** Le niveau de la composante fréquentielle F1 émise dans le bruit masquant M avec les composantes fréquentielles F2-F5 peut être modifié par les composantes fréquentielles F2-F5, et ce même si ces composantes fréquentielles sont émises à un niveau inférieur à leur seuil de détection.

**[0030]** Ainsi, la comparaison du niveau de l'émergence fréquentielle Ns et du niveau du masque Nm (après filtrage au moyen d'un filtre centré sur la fréquence de la composante F1) ne permet pas, après une comparaison à la valeur connue du seuil de détection de la composante fréquentielle seule, de prédire l'audibilité de l'émergence fréquentielle dans son ensemble.

**[0031]** En outre, afin de modifier le seuil de détection de la composante fréquentielle F1, il est possible, au moyen de procédés de design sonore, d'agir sur les composantes fréquentielles F2-F5 de manière à modifier la perception de cette composante fréquentielle F1 et donc de l'émergence fréquentielle par une oreille humaine.

**[0032]** Sur la figure 2, on a représenté les différentes étapes d'un procédé selon l'invention.

**[0033]** Lors d'une première étape E01, le signal sonore dans sa globalité est enregistré, c'est-à-dire l'émergence fréquentielle et le bruit masquant. Ce signal peut être un signal émis par un moteur électrique d'un véhicule automobile, enregistré au sein de l'habitacle pendant une phase de fonctionnement du véhicule.

**[0034]** Une étape d'analyse du signal E02 est ensuite mise en oeuvre, afin d'obtenir le spectre dudit signal. Cette étape d'analyse peut également comprendre l'identification de l'émergence fréquentielle et du bruit masquant.

**[0035]** Les différentes composantes fréquentielles de l'émergence fréquentielle sont ensuite identifiées au cours de l'étape E03. On pourra notamment utiliser des bruits masquants obtenus préalablement de manière à identifier les composantes fréquentielles.

**[0036]** Si l'émergence fréquentielle ne comporte qu'une composante fréquentielle unique alors l'étape E04 est mise en oeuvre. Cette étape correspond au filtrage du signal au moyen d'un filtre dont la bande passante est centrée sur

ladite composante fréquentielle unique, par exemple un filtre à exponentielle arrondie, de manière à obtenir, pour le filtre, le masque seul au sein de la bande passante du filtre.

**[0037]** Afin de déterminer si cette composante fréquentielle unique est audible, on peut calculer la différence du niveau de l'émergence fréquentielle  $N_s$  et du niveau du masque  $N_m$  (étape E05). Cette différence est ensuite comparée au seuil de détection de cette composante fréquentielle lors de l'étape E06.

**[0038]** Le seuil de détection de la composante fréquentielle unique n'est pas modifié lorsque cette composante fréquentielle est émise dans l'émergence fréquentielle dans son ensemble, puisque le spectre de cette émergence fréquentielle ne comporte que la composante fréquentielle unique. On peut ainsi utiliser une valeur déjà connue du seuil de détection, par exemple une valeur obtenue lors d'une expérimentation, au moyen du masque obtenu après filtrage. L'obtention de seuils de détection est notamment décrite dans le document « Psychoacoustics: Facts and models, ZWICKER E. et FASTL H. (1999), 2nd Edition, Springer-Verlag, Berlin ».

**[0039]** Si l'émergence fréquentielle comporte une pluralité de composantes fréquentielles, par exemple l'émergence fréquentielle du signal  $S$  comportant cinq composantes fréquentielles F1-F5, alors l'étape E07 est mise en oeuvre.

**[0040]** Cette étape E07 correspond à un filtrage du signal au moyen d'une pluralité de filtres. Les bandes passantes de ces filtres sont respectivement centrées sur les composantes fréquentielles de l'émergence fréquentielle. On obtient ainsi, pour chaque composante fréquentielle et chaque filtre, le masque seul au sein de la bande passante du filtre. Ce masque seul permet notamment de déterminer le niveau du masque et le seuil de détection de la composante fréquentielle émise seule dans le bruit masquant.

**[0041]** On peut utiliser par exemple cinq filtres pour le signal  $S$ , dont les bandes passantes sont respectivement centrées sur les composantes fréquentielles F1-F5.

**[0042]** Dans les étapes suivantes, l'indice  $i$  correspond à une composante fréquentielle de l'émergence fréquentielle du signal, compris entre 1 et  $n$ ,  $n$  étant le nombre de composantes fréquentielles de l'émergence fréquentielle. En outre, l'indice  $j$  correspond à une composante fréquentielle de référence, choisie parmi les composantes fréquentielles.

**[0043]** Une étape E08 de détermination des niveaux des composantes fréquentielles  $N_{i/n}$  et des masques  $N_{j/m}$  au sein de chaque filtre est ensuite mise en oeuvre. Pour chaque composante,  $N_{i/n}$  correspond au niveau de la composante fréquentielle émise dans une émergence fréquentielle comprenant  $n$  composantes fréquentielles.  $N_{j/m}$  correspond au niveau du masque au sein du filtre centré sur la composante fréquentielle.

**[0044]** L'étape E09 est ensuite mise en oeuvre. Cette étape correspond à la détermination des seuils de détection  $S_i$  de chaque composante émise seule dans le bruit masquant, notamment en utilisant le niveau du masque  $N_{j/m}$ .

**[0045]** Ensuite, une étape de calcul E10 est mise en oeuvre. Cette étape correspond au calcul du niveau de chaque composante par rapport à son seuil lorsqu'elle est émise seule dans le bruit masquant, c'est-à-dire le calcul de la différence entre  $N_{i/n}$  et  $S_i$ .

**[0046]** Les étapes E08, E09 et E10 sont ensuite répétées au cours de l'étape E11 et ce pour chaque composante fréquentielle de l'émergence fréquentielle.

**[0047]** Les valeurs calculées et obtenues lors des étapes E08, E09 et E10 peuvent être mémorisées de manière à être utilisées dans l'étape E12 de calcul de la différence entre, d'une part, la différence entre le niveau de la composante  $N_{i/n}$  et le seuil de détection  $S_i$  de la composante émise seule dans le masque et, d'autre part, la différence entre le niveau de la composante de référence, notée  $N_{j/n}$  et le seuil de détection de la composante de référence émise seule dans le masque, noté  $S_j$ . Les valeurs pour chaque composante, peuvent également être mémorisées, et l'on notera  $\Delta N_{ij}$  la valeur obtenue pour chaque composante au cours de l'étape E12. Ainsi, on obtient l'équation EQ1:

$$\Delta N_{i/j} = (N_{i/n} - S_i) - (N_{j/n} - S_j) \quad (\text{EQ1})$$

**[0048]** Avec

$N_{i/n}$  : niveau de la composante d'indice  $i$  en présence des  $n$  composantes de l'émergence fréquentielle, en décibel

$N_{j/n}$  : niveau de la composante de référence en présence des  $n$  composantes de l'émergence fréquentielle, en décibel

$S_i$  : seuil de détection de la composante d'indice  $i$  émise seule dans le bruit masquant, en décibel

$S_j$  : seuil de détection de la composante de référence émise seule dans le bruit masquant, en décibel

**[0049]** On calcule ensuite, au cours de l'étape E13, le niveau de la composante fréquentielle de référence correspondant à l'audibilité de l'émergence fréquentielle dans son ensemble, notée  $S_{j/n}$ .

**[0050]** En outre, la valeur de l'indice de détectabilité de chaque composante fréquentielle au sein de l'émergence fréquentielle dans son ensemble, noté  $d''_{i/n}$ , et la valeur de l'indice de détectabilité de la composante fréquentielle de référence, noté  $d''_{j/n}$  sont liées à la différence calculée au cours de l'étape E12  $\Delta N_{ij}$  par la relation :

$$d'_{i/n} = 10^{\frac{\Delta N_{i/j}}{10}} \cdot d'_{j/n} \quad (\text{EQ2})$$

5 **[0051]** Avec

$d'_{i/n}$  : indice de détectabilité de la composante fréquentielle d'indice i émise au sein du de l'émergence fréquentielle comportant n composantes fréquentielles, sans unité

10  $d'_{j/n}$  : indice de détectabilité de la composante de référence émise au sein de l'émergence fréquentielle comportant n composantes fréquentielles, sans unité

**[0052]** On sait également que l'indice de détectabilité de l'émergence fréquentielle comportant n composantes fréquentielles est égal à la racine carré de la somme des indices de détectabilité, au carré. En outre, l'indice de détectabilité des composantes fréquentielles seules peut être remplacé par celui de la composante de référence. On obtient alors  
15 le niveau de la composante fréquentielle de référence correspondant à l'audibilité de l'émergence fréquentielle dans son ensemble  $S_{j/n}$ .

$$20 \quad S_{j/n} = S_j - 10 \cdot \log \left( \sqrt{\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n (10^{\frac{\Delta N_{i/j}}{10}})^2 + 1} \right) \quad (\text{EQ3})$$

25 **[0053]** Avec

$S_{j/n}$  : niveau de la composante fréquentielle de référence correspondant à l'audibilité de l'émergence fréquentielle dans son ensemble, en décibel

30  $S_j$  : seuil de détection de la composante de référence émise seule dans le bruit masquant, en décibel

**[0054]** L'équation EQ3 permet donc, au cours de l'étape E13, de calculer le niveau de la composante fréquentielle de référence correspondant à l'audibilité de l'émergence fréquentielle dans son ensemble, et donc d'obtenir l'audibilité de l'émergence fréquentielle en comparant cette valeur au niveau de la composante fréquentielle de référence.

35 **[0055]** L'étape finale E14 est mise en oeuvre après les étapes E06 et E13 de manière à déterminer si l'émergence fréquentielle est audible. Une sortie positive de l'étape finale E14 indique que l'auditeur peut entendre l'émergence fréquentielle émise dans le bruit de fond masquant.

**[0056]** On notera que le calcul de la différence  $S_j - S_{j/n}$  permet de déterminer l'amélioration de la détection.

**[0057]** Par ailleurs, l'étape E13 peut être mise en oeuvre pour chaque composante de l'émergence fréquentielle, quelque soit son niveau dans l'émergence fréquentielle, en choisissant une composante de référence différente.

40 **[0058]** Le procédé selon les étapes E01 à E14 pouvant être mis en oeuvre pour une pluralité de composantes fréquentielles de l'émergence fréquentielle, on peut ainsi déterminer des relations entre les composantes fréquentielles. A titre d'exemple, la présence de certaines composantes fréquentielles peut avoir une influence plus importante sur l'audibilité de l'émergence fréquentielle dans son ensemble que d'autres.

**[0059]** Sur la figure 3, on a représenté de manière schématique un système selon un aspect de l'invention.

45 **[0060]** Ce système comprend des moyens d'enregistrement et d'analyse MEA capable de recevoir un signal sonore.

**[0061]** Les moyens d'enregistrement et d'analyse peuvent par exemple comprendre un micro-ordinateur équipé d'entrées audio. Le spectre du signal ainsi que le masque de ce signal sont ensuite transmis à une pluralité de filtre FLT, par exemple des filtres à exponentielle arrondis. Les bandes passantes de ces filtres sont respectivement centrées sur les composantes fréquentielles. Les filtres peuvent notamment être ceux décrits dans le document « GLASBERG et MOORE (2000), Frequency selectivity as a function of level and frequency measured with uniformly exciting notched noise, Journal of Acoustical Society of America, 108 (5), 2318-2328 ».

50 **[0062]** Les sorties de ces filtres communiquent avec des moyens de calcul MC, par exemple aptes à mettre en oeuvre d'une part les étapes E5 et E6 et d'autre part les étapes E08 à E13.

**[0063]** Grâce à l'invention, on obtient une amélioration de la prédiction de l'audibilité d'une émergence fréquentielle composé de plusieurs composantes fréquentielles. On peut ainsi déterminer à partir du spectre du signal les composantes fréquentielles sur lesquelles on peut agir par des méthodes de design sonore pour diminuer l'audibilité d'autres composantes.

55 **[0064]** Cette émergence fréquentielle peut notamment être non équi-détectable, pour lequel le procédé selon l'invention

est particulièrement avantageux grâce à un calcul du seuil de détection de chacune des composantes d'une émergence fréquentielle comportant une pluralité de composantes fréquentielles, en fonction des seuils de détection des autres composantes fréquentielles.

## Revendications

1. Procédé de prédiction de l'audibilité d'une émergence fréquentielle d'un signal (S) comprenant au moins une composante fréquentielle de référence, **caractérisé par** les étapes suivantes :

- analyse dudit signal de manière à identifier un masque (M) de bruit au sein dudit signal ;
- identification des composantes fréquentielles de l'émergence fréquentielle ;
- filtrage du signal (S) au moyen d'une pluralité de filtres dont les bandes passantes sont respectivement centrées sur les composantes fréquentielles (F1-F5) de manière à obtenir, pour chaque filtre, le masque seul au sein de la bande passante du filtre ;
- calcul du niveau de la composante fréquentielle de référence correspondant à l'audibilité de l'émergence fréquentielle dans son ensemble en fonction du niveau de chaque composante fréquentielle, du niveau du masque au sein de chaque filtre, et du seuil de détection de chaque composante fréquentielle émise seule dans le masque.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on calcule pour chaque composante fréquentielle, la différence entre, d'une part, la différence entre le niveau de la composante et le seuil de détection de la composante émise seule dans le masque et, d'autre part, la différence entre le niveau de la composante de référence et le seuil de détection de la composante de référence émise seule dans le masque.

3. Système de prédiction de l'audibilité d'une émergence fréquentielle d'un signal comprenant au moins une composante fréquentielle de référence, comprenant des moyens d'analyse (MEA) dudit signal aptes à identifier un masque de bruit au sein dudit signal et des composantes fréquentielles de l'émergence fréquentielle, une pluralité de filtres (FLT) dont les bandes passantes sont respectivement centrées sur les composantes fréquentielles, **caractérisé en ce qu'il** comprend des moyens de calcul du niveau de la composante fréquentielle de référence correspondant à l'audibilité de l'émergence fréquentielle dans son ensemble en fonction du niveau de chaque composante fréquentielle, du niveau du masque au sein de chaque filtre, et du seuil de détection de chaque composante fréquentielle émise seule dans le masque.

4. Système selon la revendication 3, dans lequel les filtres (FLT) sont des filtres à exponentielle arrondie.

5. Système selon la revendication 3 ou 4, dans lequel le masque est un bruit d'habitable de véhicule automobile ou de voiture de train.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Vorhersage der Hörbarkeit einer Frequenzemergenz eines Signals (S), umfassend mindestens eine Referenzfrequenzkomponente, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:

- Analyse des Signals, um eine Geräuschmaske (M) innerhalb des Signals zu identifizieren;
- Identifikation der Frequenzkomponenten der Frequenzemergenz;
- Filtern des Signals (S) mit Hilfe einer Vielzahl von Filtern, deren Bandbreiten jeweils auf die Frequenzkomponenten (F1-F5) zentriert sind, um für jeden Filter die Maske alleine innerhalb der Bandbreite des Filters zu erhalten;
- Berechnung des Niveaus der Referenzfrequenzkomponente entsprechend der Hörbarkeit der Frequenzemergenz in ihrer Gesamtheit in Abhängigkeit vom Niveau jeder Frequenzkomponente, vom Niveau der Maske innerhalb jedes Filters und von der Erfassungsschwelle jeder Frequenzkomponente, die alleine in der Maske entsandt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem für jede Frequenzkomponente der Unterschied zwischen einerseits dem Unterschied zwischen dem Niveau der Komponente und der Erfassungsschwelle der alleine in der Maske entsandten Komponente und andererseits dem Unterschied zwischen dem Niveau der Referenzkomponente und der Erfas-

zungsschwelle der alleine in der Maske entsandten Referenzkomponente berechnet wird.

3. System zur Vorhersage der Hörbarkeit einer Frequenzemergenz eines Signals, umfassend mindestens eine Referenzfrequenzkomponente, umfassend Mittel (MEA) zur Analyse des Signals, die geeignet sind, eine Geräuschmaske innerhalb des Signals und Frequenzkomponenten der Frequenzemergenz zu identifizieren, eine Vielzahl von Filtern (FLT), deren Bandbreiten jeweils auf die Frequenzkomponenten zentriert sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** es Mittel zur Berechnung des Niveaus der Referenzfrequenzkomponente entsprechend der Hörbarkeit der Frequenzemergenz in ihrer Gesamtheit in Abhängigkeit vom Niveau jeder Frequenzkomponente, vom Niveau der Maske innerhalb jedes Filters und von der Erfassungsschwelle jeder Frequenzkomponente, die alleine in der Maske entsandt wird, umfasst.
4. System nach Anspruch 3, bei dem die Filter (FLT) Filter mit gerundetem Exponential sind.
5. System nach Anspruch 3 oder 4, bei dem die Maske ein Geräusch eines Fahrgastraums eines Kraftfahrzeugs oder eines Eisenbahnwagens ist.

## Claims

1. Method for predicting the audibility of a frequency emergence of a signal (S) comprising at least one reference frequency component, **characterized by** the following steps:
  - analysis of said signal in such a way as to identify a noise mask (M) inside said signal;
  - identification of the frequency components of the frequency emergence;
  - filtering of the signal (S) by means of a plurality of filters of which the passbands are respectively centered on the frequency components (F1-F5) in such a way as to obtain, for each filter, the single mask inside the passband of the filter;
  - calculation of the level of the reference frequency component corresponding to the audibility of the frequency emergence as a whole as a function of the level of each frequency component, of the level of the mask inside each filter, and of the detection threshold of each frequency component emitted singly in the mask.
2. Method according to Claim 1, wherein for each frequency component is calculated the difference between, firstly, the difference between the level of the component and the detection threshold of the component emitted singly in the mask and, secondly, the difference between the level of the reference component and the detection threshold of the reference component emitted singly in the mask.
3. System for predicting the audibility of a frequency emergence of a signal comprising at least one reference frequency component, comprising means for analyzing (MEA) said signal capable of identifying a noise mask inside said signal and frequency components of the frequency emergence, a plurality of filters (FLT) of which the passbands are respectively centered on the frequency components, **characterized in that** it comprises means for calculating the level of the reference frequency component corresponding to the audibility of the frequency emergence as a whole as a function of the level of each frequency component, of the level of the mask inside each filter, and of the detection threshold of each frequency component emitted singly in the mask.
4. System according to Claim 3, wherein the filters (FLT) are rounded exponential filters.
5. System according to Claim 3 or 4, wherein the mask is noise from a motor vehicle passenger compartment or train carriage.

FIG.1

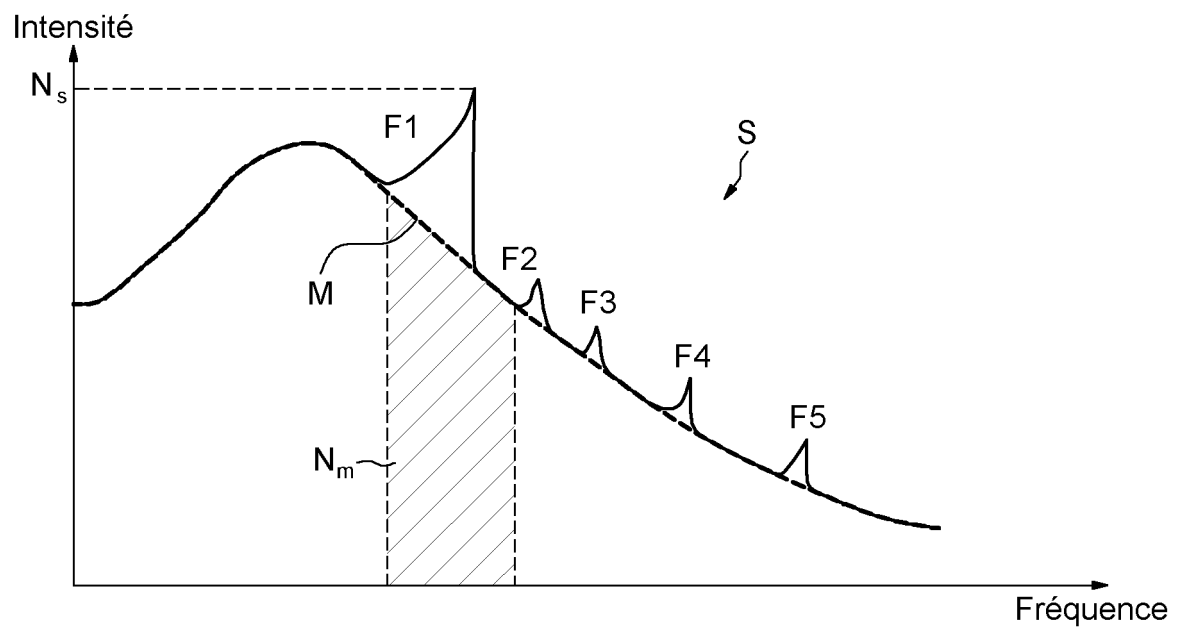


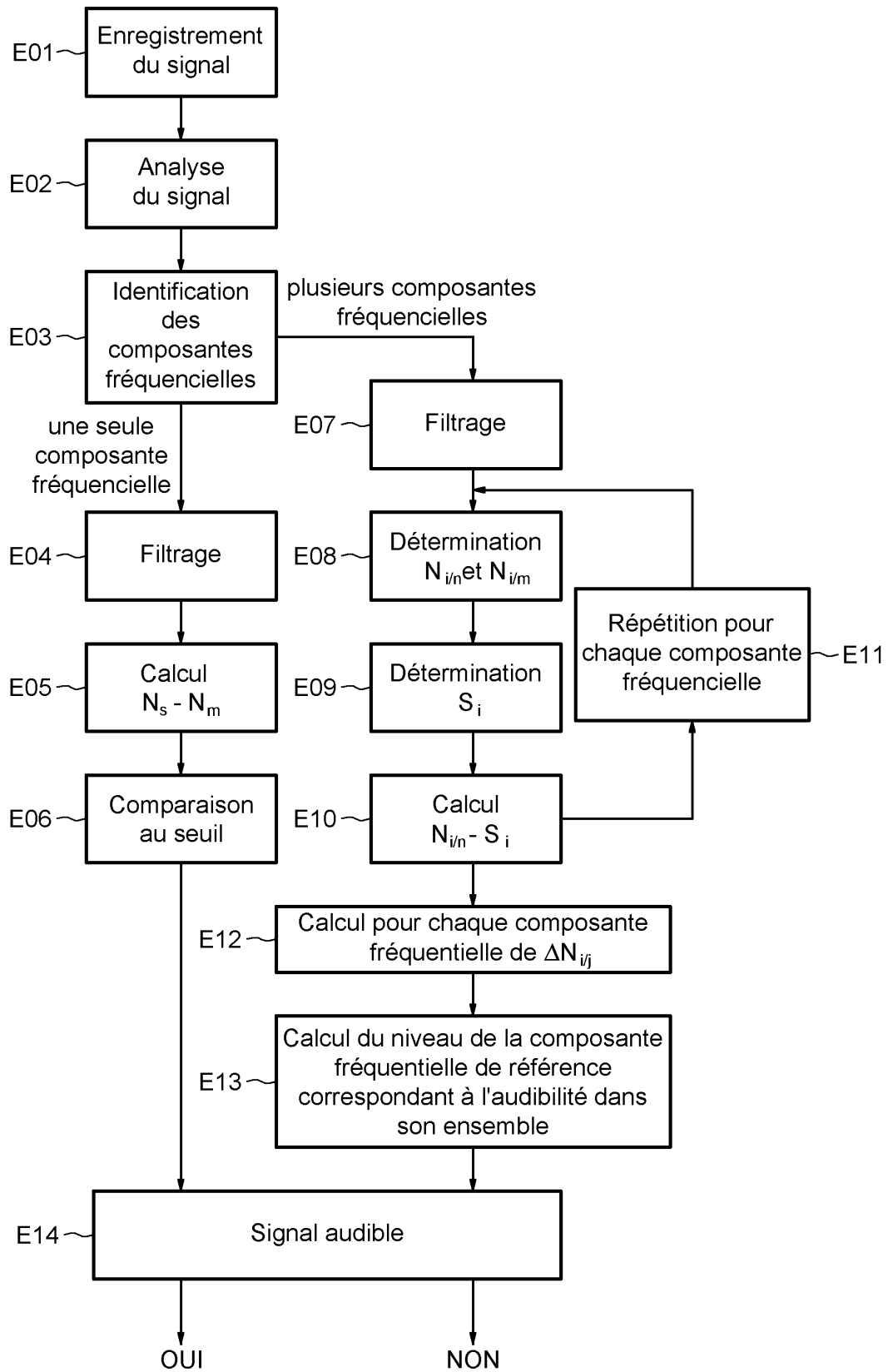
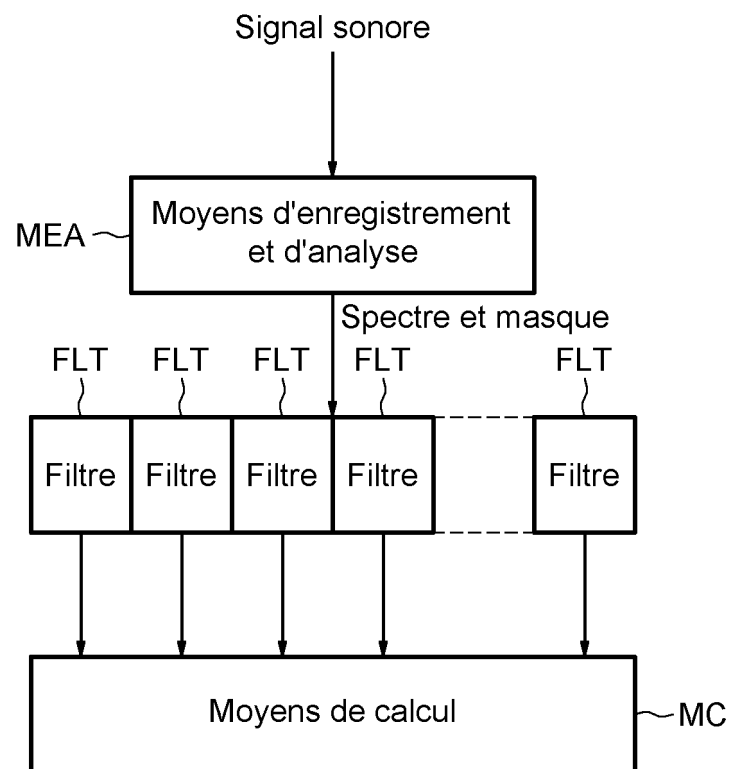
FIG.2

FIG.3



## RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

### Littérature non-brevet citée dans la description

- **GREEN D.M. ; SWETS J.A.** *Signal Detection Theory and Psychophysics* [0007]
- **D.M. GREEN.** Detection of Multiple Component Signals in Noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, Octobre 1958, vol. 30 (10 [0010]
- **F.DUBOIS et al.** Detection of spectrally complex signals : Effect of difference in levels within components. *Proceedings of 20th International Congress on Acoustics*, 2010 [0014]
- **ZWICKER E. ; FASTL H.** *Psychoacoustics: Facts and models*. Springer-Verlag, 1999 [0038]
- **GLASBERG ; MOORE.** Frequency selectivity as a function of level and frequency measured with uniformly exciting notched noise. *Journal of Acoustical Society of America*, 2000, vol. 108 (5), 2318-2328 [0061]