



HAL
open science

STATISTIQUES DE BRUITS AMBIANTS TRANSITOIRES DANS L'ARCTIQUE

P. Zakarauskas, C. Parfitt, J. Thorleifson

► **To cite this version:**

P. Zakarauskas, C. Parfitt, J. Thorleifson. STATISTIQUES DE BRUITS AMBIANTS TRANSITOIRES DANS L'ARCTIQUE. Journal de Physique Colloques, 1990, 51 (C2), pp.C2-733-C2-736. 10.1051/jphyscol:19902170 . jpa-00230474

HAL Id: jpa-00230474

<https://hal.science/jpa-00230474>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

STATISTIQUES DE BRUITS AMBIANTS TRANSITOIRES DANS L'ARCTIQUE

P. ZAKARAUSKAS, C.J. PARFITT⁽¹⁾ et J.M. THORLEIFSON

Centre de Recherches pour la Défense Pacifique, FMO Dockyard, Victoria, B.C., Canada, VOS 1B0, Canada

Résumé - Le bruit ambiant sous-marin dans l'Arctique durant l'hiver est caractérisé par la présence de bruits transitoires, correspondant au craquement de la glace. Ces bruits transitoires rendent le bruit total non-stationnaire, et sa distribution non-normale. Leur effet dépend de leur contribution relativement à la durée et à la puissance du bruit ambiant total. Il est difficile d'accumuler des statistiques sur les bruits transitoires, puisque leur détection habituellement demande de l'assistance humaine, un procédé qui prend du temps. On a implémenté sur un ordinateur un algorithme non-paramétrique pour détecter automatiquement les bruits transitoires dans des enregistrements de bruit ambiants. L'algorithme cherche la distribution de probabilité des maxima locaux pour le niveau L au-dessus duquel une proportion arbitraire r des maxima se trouvent. Il calcule ensuite la probabilité p qu'un échantillon de longueur W contienne plus que N maxima dépassant L . Cette probabilité est simplement une somme de distributions binomiales. L'enregistrement est alors balayé avec une fenêtre de longueur W , et la probabilité p est calculée pour chaque position de la fenêtre. Quand p est plus petit qu'un seuil P_0 , la fenêtre est marquée comme contenant un bruit transitoire. On peut extraire la position précise du commencement et de la fin d'un bruit transitoire en cherchant à l'intérieur d'une fenêtre pour le premier maximum qui dépasse la valeur L . On a appliqué cet algorithme pour extraire les bruits transitoires d'une série d'échantillons de bruit ambiant, chacun d'une durée de cinq minutes, collectés sur la calotte polaire arctique durant le mois d'avril. On a filtré les échantillons avec des filtres passe-bande pour étudier le contenu transitoire pour plusieurs fréquences. On a trouvé que la fraction, en durée et en puissance, du contenu transitoire des échantillons varient grandement avec la fréquence. Le bruit transitoire ne tient compte que pour 5 - 25% de la puissance aux environs de 10 Hz, et 45 - 80% de la puissance entre 100 et 1000 Hz. D'un autre côté, pendant les périodes calmes, le bruit transitoire tient compte pour 35 - 45% de la puissance aux environs de 10 Hz, et 80 - 95% de la puissance entre 100 et 1000 Hz.

Abstract - Underwater ambient noise in the Arctic is characterized by the presence of transients, corresponding to ice cracking events. These transients cause the total signal to be non-Gaussian and non-stationary. The extent of their effect depends on their relative contribution to the total ambient noise field. Statistics on transients are difficult to accumulate, since their detection usually requires human assistance, and is a time-consuming process. A non-parametric transient detecting algorithm was implemented on a computer in order to extract the transients from ambient noise time series automatically. The algorithm searches the probability distribution of peaks for the level L above which a proportion r of the peaks lies. It then calculates the probability for a sample of length W to contain more than a certain number of peaks above L . This probability is simply a sum of binomial distributions. The time series is then scanned with a window of length W , and the probability p is calculated for each position of the window. When p is smaller than a threshold P_0 , the window is flagged as containing a transient. The beginning and end of the transient can be found precisely by scanning inside the window for the first peak which exceeds the value L . This transient-extracting algorithm was applied to a series of five-minute-long ambient noise samples taken under the Arctic pack ice during the month of April. The data were bandpass-filtered in order to study the transient content at different frequencies. It was found that the relative duration and power of transients within the time series varies greatly with frequency. Transients accounted for only 5 - 25% of the power around 10 Hz, and 45 - 80% of the power between 100 and 1000 Hz during noisy periods. On the other hand, during quiet periods, transients accounted for 35 - 45% of the power around 10 Hz, and 80 - 95% of the power between 100 and 1000 Hz.

1- INTRODUCTION

Durant l'hiver et le printemps, le bruit ambiant sous-marin dans l'Arctique est composé d'une somme d'événements discrets provenant du craquement de la glace causés par des tensions dues soit au vent, le courant, ou les changements de température. Si les événements sont assez nombreux ils se chevauchent et, en vertu du théorème central limite, le bruit ambiant total possède des statistiques gaussiennes. Cependant, certains événements sont plus intenses ou plus proche de l'hydrophone que les autres, et paraissent au-dessus du bruit de fond continu. Ces événements rendent le bruit ambiant total non-gaussien et sa distribution non-stationnaire [1].

⁽¹⁾ Adresse présente: Physics Department, Simon Fraser University, Burnaby, B.C. Canada V5K 1S6

Le degré auquel les statistiques du bruit ambiant diffèrent des statistiques stationnaires et gaussiennes dépend de la puissance et de la durée des bruits transitoires relativement à la puissance et durée du bruit ambiant total. Cet article décrit les résultats d'une étude du contenu en bruits transitoires d'échantillons de cinq minutes de bruit ambiant collectés dans l'Arctique en se servant d'un algorithme d'extraction automatique des bruits transitoires.

2 - TECHNIQUE D'EXTRACTION DES BRUITS TRANSITOIRES

La plupart des algorithmes employés pour extraire les bruits transitoires se servent de la puissance pour indiquer la présence d'un événement à l'intérieur d'une fenêtre de puissance /2/. Cependant, cette technique ne détecte pas tous les bruits transitoires qu'un opérateur humain trouve. Veitch et Wilks /3/ se sont servi d'une technique différente qui consiste à calculer le quatrième moment pour chaque position du balayage d'une fenêtre le long de la série temporelle. Quand cette quantité dépasse un certain seuil (ils se sont servi de 4.0 comme seuil) on déclare que la fenêtre contient un bruit transitoire. Le problème avec cette méthode est qu'elle ne donne pas la position précise d'un bruit transitoire à l'intérieur d'une fenêtre. Elle est aussi assez sensible à la largeur de la fenêtre /4/.

Le bruit ambiant dans l'Arctique contient beaucoup plus d'énergie aux basses fréquences qu'aux hautes (figure 1). Si on cherchait une série temporelle à bande large pour la présence de bruits transitoires, le résultat serait affecté par les basses fréquences de façon disproportionnelle aux hautes fréquences. À cause de cela, il est nécessaire de filtrer les séries temporelles avec un filtre passe-bande avant de tenter d'y chercher des bruits transitoires. Les filtres dont on s'est servi pour la présente étude sont des filtres d'une largeur d'un tiers d'octave, à intervalles d'un octave entre chacun.

La technique présentée ci-bas se sert du nombre de maxima locaux observés dans la fenêtre de balayage. On se sert de maxima plutôt que de tous les points de la série temporelle parce que, à l'intérieur d'un bruit transitoire, tous les maxima sont relativement élevés, améliorant ainsi le rapport signal sur bruit. Lors d'une première passe, un histogramme est compilé de l'amplitude de tous les maxima locaux dans la série temporelle filtrée devant être cherchée pour la présence de bruits transitoires. Cet histogramme est une estimation de la densité de probabilité de l'amplitude des maxima. On cherche ensuite la distribution de probabilité des maxima pour le niveau L au-dessus duquel une proportion donnée r des maxima se trouvent. La probabilité qu'un échantillon contenant W maxima contienne au moins N maxima ayant une amplitude d'au moins L est la somme des distributions binomiales pour chaque valeur possible du nombre de maxima contenus dans une fenêtre

$$P(r, N, W) = \sum_{i=N}^W \binom{W}{i} r^i (1-r)^{W-i}. \quad (1)$$

Ensuite, des fenêtres de différentes largeurs W sont balayées le long de la série temporelle, pour chaque valeur choisie de r . Pour chaque position de chaque fenêtre, le nombre de maxima dépassant le seuil L est mesuré, et la probabilité correspondante P est extraite d'une table précalculée. Quand la probabilité P est plus petite qu'un seuil de probabilité P_0 , on déclare que la fenêtre contient un bruit transitoire. En effet, cette méthode cherche des groupements improbables de maxima élevés. On cherche ensuite les fenêtres situées à chaque extrémité d'un bruit transitoire pour trouver le début et la fin du bruit transitoire, en se servant de L comme seuil. Finalement, les bruits transitoires pour différentes valeurs de W et de L sont fusionnés. La durée et la puissance totale de chaque bruit transitoire sont compilées séparément, et aussi moyennées.

L'algorithme décrit ci-haut a été implémenté sur ordinateur et testé sur de courtes séries temporelles afin de tester sa sûreté et accorder les paramètres de la méthode. On a trouvé que deux fenêtres, de largeurs 10 et 100 maxima, étaient plus aptes qu'une seule fenêtre pour détecter des bruits transitoires de durées très variées. On s'est servi de plusieurs valeurs de la proportion r de maxima, entre 0.5 et $5 \cdot 10^{-5}$. On a choisi le seuil de probabilité P_0 à 10^{-5} . La valeur de P_0 correspond au taux de fausses alarmes pour un échantillon ne contenant pas de bruit transitoire.

3 - ÉCHANTILLONS DE BRUIT AMBIANT

On s'est servi de trois échantillons de bruit ambiant, auxquels nous référerons par "Calme", "Thermal" et "Bruyant". Chaque échantillon avait une durée de 260 secondes, et avait été échantillonné à un taux de 5 kHz. Les trois échantillons avaient été collectés durant le mois d'avril 1987 sur la calotte polaire arctique par 500 mètres de fond. La profondeur de l'hydrophone était de 55 mètres. On a choisi ces échantillons parce que chacun d'eux représente un des trois types de bruit ambiant rencontrés durant l'expérience, déterminé en écoutant les échantillons, et en comparant leur spectre de puissance.

Le premier échantillon a été pris durant une période calme du bruit ambiant, quand la puissance moyenne était très basse. Cependant, on pouvait encore entendre quelques bruits transitoires au-dessus du bruit de fond. Le second échantillon a été enregistré pendant une période de craquement intense de la glace, caractérisé par un grand nombre de bruits transients audibles, et la présence d'une "bosse" dans le spectre de puissance (figure 1). On a pris le troisième échantillon durant une période bruyante de brisement de la glace dans la région où l'expérience a pris place. Les densités spectrales énergétiques étaient beaucoup plus élevées pendant ce temps qu'avant ou après le brisement de la glace. Ce bruit ambiant ressemblait à un tonnerre lointain.

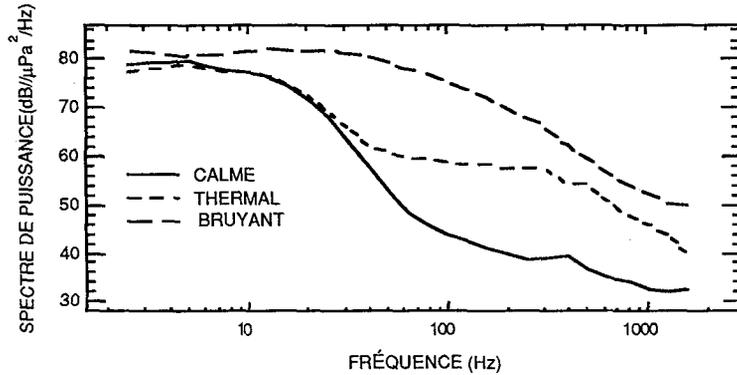


Fig. 1 - Spectre de puissance des trois échantillons dont on s'est servi dans cette étude.

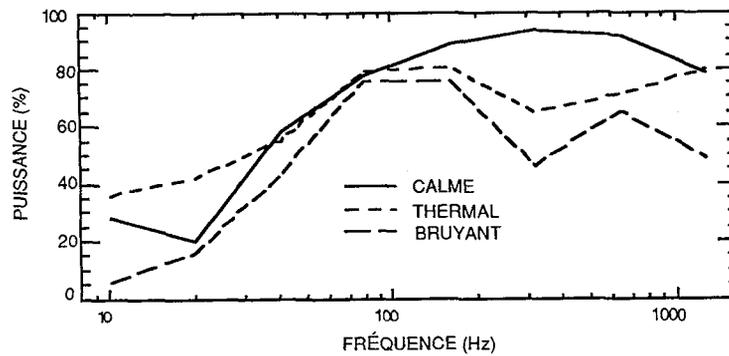


Fig. 2 - Pourcentage de la puissance totale contenue par les bruits transitoires extraits de chacun des trois échantillons analysés.

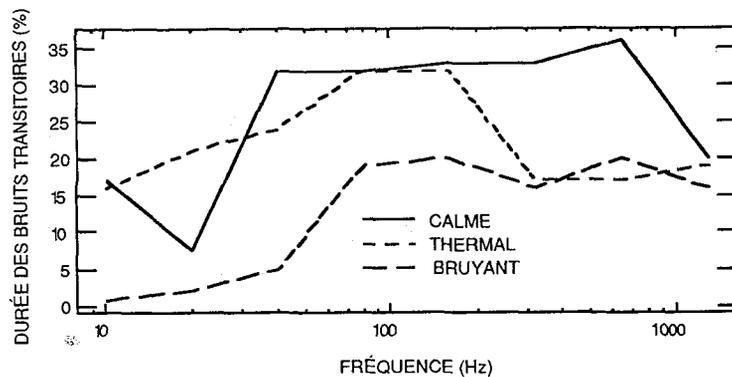


Fig. 3 - Pourcentage de la durée totale occupée par les bruits transitoires extraits de chacun des trois échantillons analysés.

4 - RESULTATS

Les résultats sont compilés dans les figures 2 à 4 pour les trois échantillons, pour chacune des huit bandes de puissance dont on s'est servi. La caractéristique la plus saillante est la dépendance sur la fréquence de la proportion de la puissance totale contenue sous forme de bruits transitoires (figure 2). Les bruits transitoires contribuent une proportion significative de l'énergie à 10 et 20 Hz, mais pas autant qu'à 80 Hz et plus, où la plus grande partie de la puissance réside sous forme de bruits transitoires. Un autre résultat intéressant est qu'au dessus de 100 Hz, l'échantillon Calme contient beaucoup plus de son énergie sous forme de bruits transitoires que

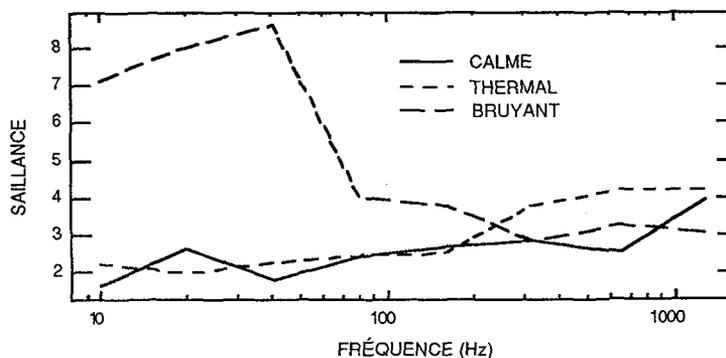


Fig. 4 - Saillance moyenne des bruits transitoires extraits de chacun des trois échantillons analysés. La saillance est calculée en prenant le rapport du pourcentage de la puissance contenue par les bruits transitoires (figure 2) par le pourcentage de la durée totale occupée par les bruits transitoires (figure 3).

les deux échantillons "bruyant". La proportion de la durée occupée par des bruits transitoires (figure 3) suit plus ou moins l'exemple de la figure 1. En prenant le rapport des quantités présentées dans les figures 2 et 3, on obtient une mesure de la saillance des bruits transitoires. La saillance est définie ici comme le rapport de la puissance moyenne contenue dans les bruits transitoires par unité de temps par la puissance moyenne de la série de puissance. On montre la saillance ainsi calculée dans la figure 4. Il devient clair que le fait que l'échantillon Calme ait une plus grande proportion de son énergie sous la forme de bruits transitoires à hautes fréquences est dû seulement à la plus grande proportion de temps occupée par les bruits transitoires. Parmi les trois échantillons, les bruits transitoires contenus dans l'échantillon Thermal ont la plus grande saillance aux hautes fréquences. D'un autre côté, les quelques bruits transitoires contenus dans l'échantillon Bruyant ont une très grande saillance aux basses fréquences, mais ils ne sont pas assez nombreux pour que leur puissance totale contribue de façon significative à l'énergie de l'échantillon.

5 - CONCLUSIONS

On a extrait les bruits transitoires contenus dans trois échantillons de bruit ambiant arctique de différents types en se servant d'une méthode basée sur les probabilités. Les bruits transitoires occupent une plus grande proportion de la durée et de la puissance aux hautes fréquences, surtout pour l'échantillon Calme. D'un autre côté, les bruits transitoires étaient plus saillants aux basses fréquences durant la période de brisement de la glace.

REFERENCES

- /1/ Nielsen, P.A. et Thomas, "Signal detection in Arctic under-ice noise," J., Proceedings of the 25th annual Allerton conference on communication, control, and computing, (1987) 172-181.
- /2/ Townsend-Manning, M., "Analysis of central Arctic noise events," M. Sc. thesis, Department of Ocean Engineering, Massachusetts Institute of Technology, (1987).
- /3/ Veitch, J.G. et Wilks, A.R., "A characterization of Arctic undersea noise," J. Acoust. Soc. Am. **77** (1985) 989.
- /4/ P. Zakaras, "Observation of thermal ice cracking in the Arctic basin," J. Acoust. Soc. Am. **82**, (S1), S30(A) (1987).