

Mesure du bruit ambiant sous-marin dans le Grand Cul-de-Sac Marin

Olivier ADAM et Yann DOH

Contact : olivier.adam@u-psud.fr

Novembre 2011

Introduction

La prochaine arrivée des lamentins en Guadeloupe s'accompagne d'un certain nombre d'études portant notamment sur la qualité de l'environnement de la zone où ils vont être réintroduits. Parmi les différents paramètres, il y a le bruit ambiant qui en fonction de son niveau, sa bande fréquentielle et sa nature, pourrait représenter une gêne pour ces mammifères.

Il s'agit ici de présenter quelques premières mesures acoustiques réalisées dans le Grand Cul de Sac Marin. Elles ont été réalisées le matin du mardi 22 novembre 2011. Au préalable, nous rappelons quelques notions d'acoustique sous-marine, décrivons succinctement la zone, et présentons les matériels utilisés.

Acoustique sous-marine

La propagation des ondes acoustiques dans l'eau a des caractéristiques particulières : la célérité n'est pas constante dans la colonne d'eau, la bathymétrie joue un rôle important, les pertes de propagation sont fonction de la fréquence, il y a des réflexions avec la surface et sur le fonds marin.

- équations fondamentales de l'acoustique

L'équation de propagation se déduit par une combinaison de la divergence de l'équation d'Euler et la dérivée temporelle de l'équation de continuité. La pression décroît en $1/r$ où r est la distance à la source ; elle s'écrit :

$$p(r) = A \frac{e^{jkr}}{r}$$

- Phénomène d'atténuation de l'énergie

Lors de la propagation, l'onde acoustique subit des pertes d'énergie d'origines multiples.

- les pertes par divergence géométrique : l'onde sphérique, au fil de sa propagation, voit son énergie se répartir sur des surfaces de front d'onde de plus en plus grandes.

La décroissance est en $\frac{1}{r^2}$.

- Les pertes par atténuation fréquentielle : elles sont proportionnelles au carré de la fréquence. Le coefficient d'atténuation s'écrit :

$$\alpha = 0.0033 + \frac{(0.11f^2)}{(1+f^2)} + \frac{(44f^2)}{(4100+f^2)} + 0.0003f^2$$

La réunion de ces facteurs de pertes ainsi décrits est appelée niveau TL (Transmission Loss). Il est exprimé en dB et dépend donc de la fréquence.

$$TL = -20 \log \left(\frac{|P(r)|}{|p_0|} \right)$$

$$TL = -20 \log(r) - \alpha(f)r$$

où $|P(r)|$ est le niveau de pression reçue à une distance r de la source, et $|p_0|$ est le niveau de référence : on choisit la pression à 1 m de la source.

Mesures

Les mesures du bruit sous-marin ont été réalisées dans le Grand Cul de Sac Marin, avec 2 chaînes d'acquisitions indépendantes. Nous les détaillons avant de donner les résultats de ces mesures.

- le Grand Cul de Sac Marin

Le Grand Cul-de-Sac Marin est situé au nord de la Guadeloupe. Il s'agit d'une baie ouvrant la Rivière Salée entre les 2 parties de l'île principale : Basse-Terre et Grande-Terre. Un récif corallien de 25 km délimite la partie en mer. La surface marine fait 2115ha.



(crédits : www.guadeloupe-grandculdesac.com)

La profondeur de la zone est très faible, principalement inférieure à une 10^e de mètres. Le fond mélange mangrove, sable, roches et est délimitée par une barrière de corail.

- le matériel

Deux chaînes d'acquisition indépendantes ont été utilisées pour la réalisation de ces mesures acoustiques.

Chaîne 1 :

Elle était composée de l'hydrophone CRT C54XR commercialisé par Cetacean Research dont les caractéristiques sont consultables sur

<http://www.cetaceanresearch.com/hydrophones/c54xr-hydrophone/index.html>

Cet hydrophone était connecté à un filtre passe-bas de fréquence de coupure 15kHz, ramenant la bande passante à [16Hz ; 15kHz].

La mesure acoustique était assurée par le sonomètre Bruel & Kjaer 2250 dont les caractéristiques sont détaillées sur :

<http://www.bksv.fr/Products/SoundLevelMeters/SoundLevelMeters-Basic/2250Light.aspx>

Le 29 septembre, nous avons calibré cette chaîne de mesure à l'Ifremer. Il a été noté que 1) la réponse en fréquence de l'hydrophone n'était pas plate (fluctuations de quelque dB) dans la

bande passante, 2) la sensibilité était de -163 dB pour des fréquences inférieures à 15kHz, 3) qu'il y avait une chute de plus de 10dB entre 15 et 16kHz, et 4) qu'il y avait une différence de 3 à 4 dB entre la valeur envoyée et la valeur affichée par le sonomètre (le sonomètre sous-estimait l'intensité sonore).

Chaîne 2 :

Elle était composée de l'hydrophone GP0280 commercialisé par ColmarItalia dont les caractéristiques sont détaillées sur :

<http://www.colmaritalia.it/underwater-acoustics/standard-products/gp0280-hydrophone.html>

La sortie de cet hydrophone était connectée à un amplificateur dont le gain est réglable manuellement entre 0 et 50 dB.

Les enregistrements ont fait avec l'enregistreur numérique Tascam HD-P2 (44.1kHz, 16 bits).

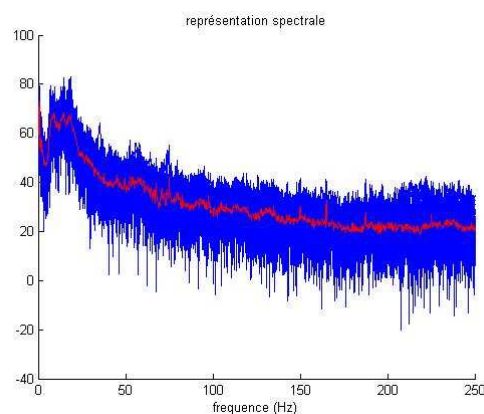
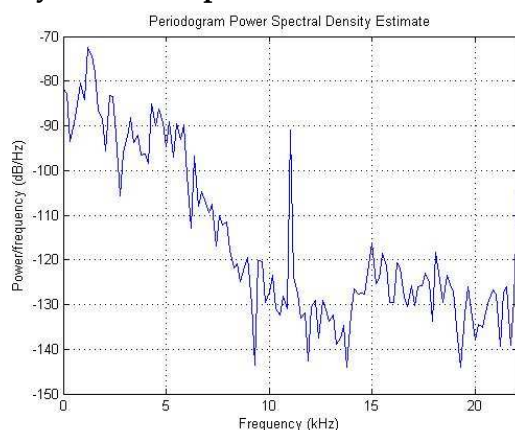
Pour ces 2 chaînes, les acquisitions se faisaient sur le bateau du Parc National (coque alu). Les hydrophones étaient immergés entre 1,50 et 2,5m de profondeur : le bruit de l'eau sur le bateau est nettement perceptible. On entend également clairement les cliquetis des organismes de fond marins voire du corail.

- les mesures

Les figures suivantes présentent la dispersion fréquentielle, c'est-à-dire les différentes fréquences présentes dans les enregistrements. L'étude de celles-ci sert à caractériser les sons (par exemple, des moteurs de différents types d'embarcation, des instruments sonores utilisés dans des activités humaines, des sons d'origine biologiques...).

Attention : sur ces figures, les signaux ont été normalisés, et les échelles sont des échelles relatives. On s'intéresse ici la dynamique des signaux. Dans les enregistrements que nous avons effectué, les amplitudes étaient particulièrement faibles, de l'ordre 75 à 80dB, ce qui est légèrement supérieur à la sensibilité de nos chaînes de mesures et à la valeur du bruit mer.

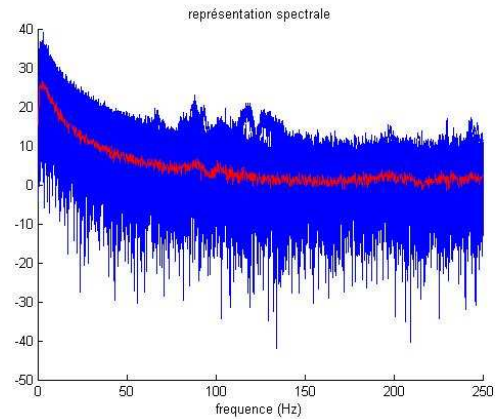
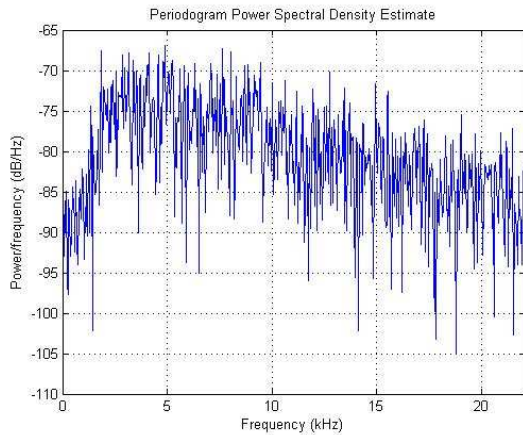
Ferry sortant du port de Pointe-à-Pitre



La courbe de gauche montre le spectre fréquentiel moyen. On peut noter un premier pic très basse fréquence, entre 900Hz et 1.4kHz, spécifique de navire de grande dimension. On notera également un pic fin à 11kHz qui doit correspondre au sonar utilisé par ce bateau. Sur la figure de droite, on a fait un zoom sur les très basses fréquences entre 0 et 250Hz. On voit

un pic fréquentiel entre 15 et 20Hz, spécifique d'un moteur diesel tournant à bas régime (qq centaines de tours/minute).

Bruit ambiant dans le Grand Cul de Sac Marin

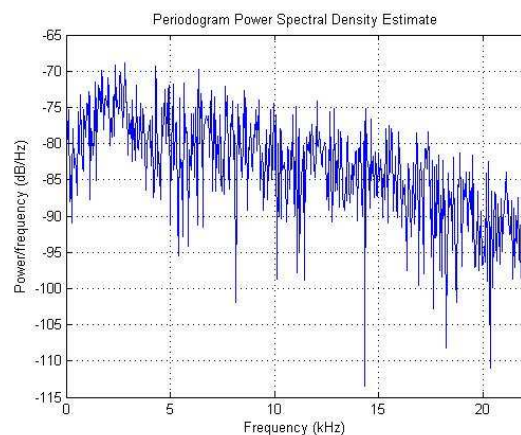
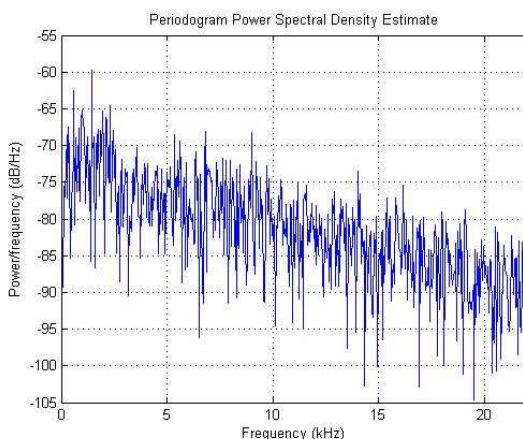


Sur la figure de gauche, nous avons le spectre moyen de la zone. Il faut noter 2 choses :

1. Il y a des bruits systématiques dans l'enregistrement : les cliquetis constant d'organismes sous l'eau (qui s'étalent sur toute la bande fréquentielle) et le clapot qui vient frapper la coque du bateau duquel on faisait l'enregistrement.
2. La dynamique est faible sur toute cette bande fréquentielle, avec une décroissance linéaire spécifique des enregistrements marins. Pas de pic ou d'énergie spécifique dans une bande fréquentielle en particulier.

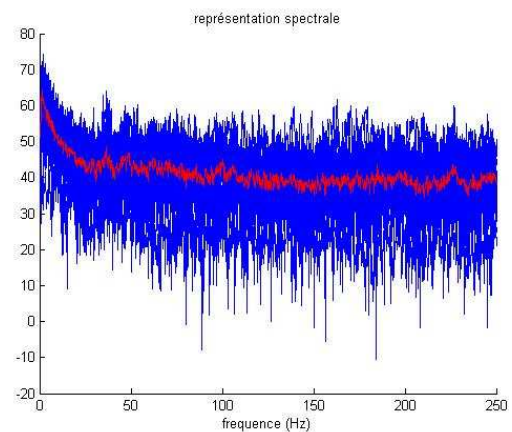
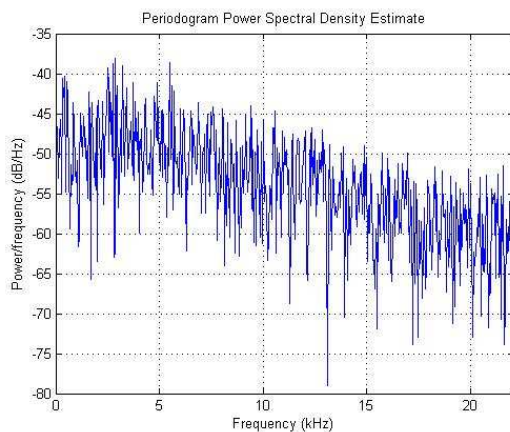
Ceci est confirmé dans la figure de droite, via un zoom sur la bande [0Hz ; 250 Hz].

Moteur d'un bateau hors-bord



A gauche, l'enregistrement d'un bateau (petite embarcation) à moteur hors-bord à proximité de l'hydrophone et à droite, l'enregistrement au même endroit sans la présence de ce bateau. Le moteur occupe une bande fréquentielle allant jusqu'à 2.5kHz. Ceci étant dit, l'énergie dans cette borne fréquentielle est de 5 dB plus forte que lorsqu'il n'y a pas d'embarcation.

Bruit généré par le pont de la nationale



Les bruits générés par le pont sont des chocs qui se propagent dans la structure métallique/ciment et il est possible de les percevoir dans l'eau (cf bande fréquentielle quasi-constante sur [0 ; 5kHz]), mais ne se détache pas de façon significative (en comparaison au reste du spectre, au-delà de 5kHz). Sur le zoom, dans les basses fréquences, on notera une constante caractéristique des sons n'ayant pas de fréquence en particulier. Il serait toutefois intéressant de faire un enregistrement continu 24h/24 pour mieux apprécier les différences d'intensité sonore en fonction de l'activité routière journalière.

Conclusion

Ce premier travail a montré que le Grand Cul de Sac Marin pouvait être particulièrement calme, ce qui est de bon augure pour la réintroduction des lamenteaux.

Il serait intéressant de réaliser des mesures acoustiques lors de pics d'activités plus intenses, par exemple, lors de week-end et à différents instants de la journée. Cela permettrait d'avoir une idée plus précise des sons générés par les bateaux hors-bord notamment.

Il faudra également s'attendre, lorsque ces mammifères seront présents, à une augmentation du trafic dans cette zone du fait de l'attractivité qu'ils vont représenter.

Remerciements

Nous remercions l'association Breach pour le prêt d'une chaîne d'acquisition complète, Pierrette Duformontelle et Patrick Arzelies de l'Ifremer à Toulon/La Seyne, pour le calibrage de notre chaîne de mesures.