SPM Frag'iles association agréée au titre de l'environnement

BP 4421, 97500 Saint Pierre et Miquelon, spm.fragile@yahoo.fr

Suivi visuel et acoustique des mammifères marins dans l'archipel de Saint Pierre et Miquelon.

Juillet-Août 2010

Colin Darnis

Morgane Detcheverry

Coordinateur SPM Fag'îles : Joël Detcheverry

Tuteur du projet : Olivier Adam

Renseignement

Rapporteurs :

Morgane DETCHEVERRY, élève ingénieur en 4ème année d'agriculture d'école d'ingénieur à L'institut Polytechnique Lasalle Beauvais ; effectuant un stage d'une durée de 2 mois pendant les vacances estivales.

Colin DARNIS, étudiant en 2ème année de Mathématique supérieur en spécialité Physique Chimie ; effectuant un emploi saisonnier d'une durée de 2 mois pendant les vacances estivales.

Joël DETCHEVERRY, coordinateur scientifique du projet sur le suivi des mammifères marins

Remerciements :

Nous tenons à remercier le ministère pour nous avoir accordé leur confiance et nous avoir permis de mettre en place le projet sur le suivi des mammifères marins.

Nous remercions également, Monsieur Oliver Adam, Maître de Conférences en bio- acoustique et membre de l'équipe d'Ingénierie des Signaux Neurosensoriels du Laboratoire d'Images, Signaux et Systèmes Intelligents (LISSI) de l'Université Paris 12, notre tuteur de projet, qui participe et nous soutient.

Merci à Monsieur Jack Lawson, docteur de recherche sur les mammifères marins pour le gouvernement canadien dans la province de Terre Neuve et Labrador ; de nous aider et de nous guider pour le comptage aérien.

Sans oublier, Tara STEVENS, étudiante diplômée de Mr LAWSON pour sa précieuse aide lors de la configuration et la mise à l'eau des hydrophones (AURAL).

Nadège GANDHILHON nous a aussi apporté une fourni des données sur les baleines à bosse.

Merci à Mr Joël DETCHEVERRY, coordinateur scientifique qui nous a prêté son embarcation et a récupéré un grand nombre d'informations visuelles pour l'année 2010.

Nous tenons à remercier Franck URTIZBEREA, sans lequel ce projet n'aurait pas pu voir le jour.

Sommaire :

Introduction……
Renseignements……
Remerciements ……

I) Suivi visuel des mammifères marins ……
1) Base de données photographique ……
1-1) Les différents mammifères marins aperçus à Saint Pierre et Miquelon ……
1-2) Base de données et classification photographique des baleines à bosse …….
1-3) Les données hors archipel ……
1-4) Suivi des baleines à bosse grâce aux balises ARGOS ……
1-5) Biopsies ……
2) Suivi des populations par comptage aérien ……
2-1) Méthode ……
2-1-1) Objectifs ……
2-1-2) Partenariats ……
2-1-3) Matériels et logistique ……
2-1-4) Protocole expérimental ……
2-1-5) Espèces ciblées ……
2-2) Résultats ……
2-3) Interprétation ……

II) Suivi acoustique passif des mammifères marins ……
1) Présentation générale ……
1-1) L'onde sonore ……
1-2) La propagation acoustique dans l'eau ……
1-3) Les sons émis par les cétacés ……
2) Utilisation de l'acoustique passive à Saint Pierre et Miquelon ……
2-1) Analyse de l'environnement ……
2-2) Analyse des sons ……
2-3) Chaine d'acquisition ……
2-4) Matériel et méthode ……
2-4-1) Colmaritalia ……
2-4-2) AURAL ……
2-4-2-1) Matériel……
2-4-2-2) Méthode ……
2-4-2-3) Mise en place de l'expérimentation ……
2-4-2-4) Protocole expérimental ……
2-4-2-4-1) Paramètre à configurer ……
2-4-2-4-2) Aire d'étude ……

2-4-2-4-3) Moyen mis en œuvre …….
2-4-2-4-4) Mise à l'eau ……
2-4-2-4-5) Précaution ……..
2-4-2-4-6) Récupération de données …… ..
2-4-2-5) Exemple de sons enregistrés au Canada …… .
2-4-2-6) Protocole de suivi ……
2-4-3) Partenariats ……..

Conclusion ……

Table des figures :

Figure 1: Tableau récapitulatif des mammifères marins présents à Saint Pierre....9
Figure 2: Système de reconnaissance des caudales de balerine à bosse 10
Figure 3: Recensement des baleines à bosse à Saint Pierre et Miquelon.....11
Figure 4: Graphique donnant le pourcentage de baleine visualisées et déjà connues par année.....13
Figure 5: Liste des contacts utilisés pour la collecte des données hors archipel 14
Figure 6: Carte répertoriant les positions de plusieurs baleines à bosses selon les années.....15
Figure 7: Simulation de couverture satellite 16
Figure 8: Tracé du trajet par l'animal balisé....17
Figure 9: Photographie de l'avion Twin Otter 19
Figure 10:Transects et zone de l'étude 20
Figure 11: Matériel du poste d'observation....21
Figure 12: Relevé de la position de l'aéronef par le logiciel VOR 22
Figure 13: 2cran de rentrée des données 23
Figure 14: Exemple d'abréviation utilisées pour désigner les mammifères marins. 24
Figure 15: Explication de l'origine du son. 27
Figure 16: Exemple d'une représentation des variations de pression en fonction du temps.....28
Figure 17: Célérité du son dans l'eau....29
Figure 18: propation du son dans l'eau....29
Figure 19: Shéma de l'oreille de cétacé. 31
Figure 20: Bande fréquentielles des mammifères marins 32
Figure 21: Aspect temporel d'un son émis par l'épaulard. 36
Figure 22: Spectrogramme du son de la figure 21.....36
Figure 23: Prise de son dans l'archipel de Saint Pierre et Miquelon. 37
Figure 24: Photographie du dispositif COLMAR 38
Figure 25: Nagra du COLMAR....39
Figure 26: signaux mal conditionnés 41
Figure 27: signal correctement conditionné 41
Figure 28: Boîte de contrôle de l'AURAL....43
Figure 29: Tête de l'appareil de l'AURAL.....44
Figure 30: AURAL....44
Figure 31: Les différentes versions d'AURAL (16,64,128 piles). 44
Figure 32: Capacité totale d'enregistrement(en jour) en fonction de la fréquence d'échantillonnage et la version de piles. 45
Figure 33: Spécification de l'AURAL.....46
Figure 34: Configuration de fréquence d'échantillonnage. 47
Figure 35: Exemple de logiciel AURAL Setup.....50
Figure 36: Configuration AURAL. 52

Figure 37: Position des hydrophones de l'archipel en fonction des données GPS connues. 53
Figure 38: Mise à l'eau de l'AURAL. 54
Figure 39: Matériel nécessaire pour la mise à l'eau de l'AURAL-M2. 55
Figure 40: Extrait de vocalises de Rorquals Commun; AURAL, Placentia Bay Juin 2009 DFO. 56
Figure 41: Extrait de vocalise d'orques,Grand Banks NL Juin 1983 Hal Whitehead 57
Figure 42: Position des hydrophones canadiens 60

Introduction :

La biodiversité des eaux de l'archipel de Saint Pierre et Miquelon est assez fournie et unique de part l'appartenance du territoire à l'Etat français. C'est notamment grâce à cette dernière et à son exploitation que l'activité humaine a pu prospérer depuis le XVII^{e} siècle.

Aujourd'hui les passionnés sont de plus en plus nombreux à vouloir protéger ce patrimoine naturel. Depuis une trentaine d'années, L'association SPM Frag'îles travaille au maintient de la biodiversité dans l'archipel de St Pierre et Miquelon,

Membres incontournables de la faune sous-marine, les mammifères marins sont très présents dans les eaux de l'archipel. Comptant en son sein de nombreuses espèces menacées, il devient primordial de suivre l'évolution de ces populations qui de fait deviennent indicateurs de la qualité du milieu.

A l'heure actuelle il existe trois moyens d'observation des cétacés : visuelle, par accoustique et par le biais de balises. Afin d'améliorer les connaissances sur les mammifères marins, l'association SPM Frag'îles a entrepris deux projets majeurs. D'une part, l'immersion de deux hydrophones permettant l'écoute des cétacés. D'autre part, un comptage aérien permettant ainsi un suivi quantitatif de la faune sous-marine de l'archipel.

Ainsi nous nous intéresserons dans un premier temps aux observations visuelles regroupant à la fois la description de la base de données et le comptage aérien. D'autres méthodes y seront représentées. Puis, nous présenterons le suivi par acoustique passive de ces mammifères ainsi que l'explication du protocole scientifique pour la mise à l'eau des hydrophones.

I) Suivi visuel des mammifères marins :

1) Base de données photographiques :

Roger Etcheberry ainsi que de nombreux passionnés sillonnent depuis de nombreuses années les eaux de l'archipel de Saint Pierre et Miquelon à la recherche de mammifères marins. C'est grâce à toutes ces personnes qu'une base de données recensant les différents cétacés a pu voir le jour. De plus Mr Etcheberry a pris contact avec des observateurs de l'Atlantique, ce qui a permis un suivi plus global encore.

1-1) Les différents mammifères marins aperçus à Saint Pierre et Miquelon :

D'après *La synthèse des observations de mammifères marins à Saint Pierre et Miquelon* (Rapporteur : J. Zellhuber ; Coordinateur : J. Detcheverry), il a été recensé 17 espèces de cétacés dans les eaux de l'archipel. Ces espèces sont présentées dans le tableau suivant.

Mysticètes ou baleines à fanons	
Petit Rorqual	*(Balaenoptera acutorostrata)*
Rorqual commun	*(Balaenoptera physalus)*
Baleine bleue	*(Balaenoptera musculus)*
Baleine à bosse	*(Megaptera novaeangliae)*
Baleine franche	*(Eubalaenea glacialis)*
Rorqual boreal	*(Balanaenoptera borealis)*
Odontocètes ou baleines à dents	
Cachalot	*(Physeter macrocephalus)*
Belouga	*(Delphinapterus leucas)*
Globicephale noir	*(Globicephala melas)*
Orque épaulard	*(Orcinus orca)*
Marsouin	*(Phocoena phocoena)*
Lagenorhynque (dauphin) à bec blanc	*(Lagenorhynchus albirostris)*
Lagenorhynque (dauphin) à flancs blancs	*(Lagenorhynchus acutus)*
Dauphin bleu et blanc	*(Stenella caeruleoalba)*
Dauphin commun	*(Delphinus delphis)*
Cachalot pygmée	*(Kogia breviceps)*
Pinnipèdes	
Phoque gris	*(Halichoerus grypus)*
Phoque veau-marin	*(Phoca vitulina)*
Phoque du Groenland	(*Phoca groenlandica*)
Phoque à capuchon	(*Cystophora cristata*)

Figure 1: Tableau récapitulatif des mammifères marins présents à Saint Pierre

Toutes les espèces citées dans le tableau ont au moins été aperçues une fois aux alentours de l'archipel.

Il est à noter que ces mammifères se différencient en trois catégories : les mysticètes (ou baleines à fanons), Les odontocètes (ou baleines à dent) et les pinnipèdes. Les deux premiers sous-ordres forment l'ordre des cétacés. De plus, les espèces n'ont pas été observées avec la même fréquence. Par exemple, certaines comme la baleine à bosse, le petit rorqual ou le dauphin à flanc blanc sont contemplées régulièrement tandis que d'autres comme la baleine bleue ou le béluga le sont plus rarement.

1-2) Base de données et classification photographique des baleines à bosse :

Grâce à la passion de plus de 40 photographe et au travail de Roger Etcheberry, un travail de recensement et de classification des baleines à bosse a été entrepris en 1980 et se poursuit jusqu'à nos jours. Pour identifier les différents individus, Roger a usé de que l'on pourrait comparer à l'empreinte digitale humaine : la caudale des baleines. En effet cette dernière est unique pour tous les individus.

Mr Etcheberry a élaboré un système de reconnaissance des caudales basé sur leur teinte et leur motif (figure 2). Il est nécessaire de signaler qu'une baleine peut figurer dans plusieurs catégories étant donné que la différenciation est parfois ambiguë. Ce classement permet de retrouver plus rapidement les similitudes et donc d'accéder plus brièvement à l'identification.

CLASSES	
A	Dominance blanche, centre noir
B	Dominance blanche à pourtour noir
C	Dominance blanche, noir s'étendant plus vers le haut
D	Bariolées
E	Dominance blanche, noir s'étendant en X à partir du milieu
F	Dominance blanche, noir s'étendant plus vers le bas
G	Dominance noire à totalement noire
H	Presque totalement blanche
I	Dominance noire, extrémités plus claires
J	Divers, inclassables, non tranchées

Figure 2: Système de reconnaissance des caudales de balerine à bosse

Exemple :

Baleine de type E

Source : J. Detcheverry

Figure 3: Recensement des baleines à bosse à Saint Pierre et Miquelon.

Année	2003	2004	2004	2006	2007	2008	2008	2009	2009
Nombre	7(8)	54(55)		23	12(13)	40(42)		34	
	Spm0077	Spm0084	Spm0111	Spm0139	Spm0163	Spm0174	Spm0201	Spm0214	Spm0238
	Spm0078	Spm0085	Spm0112	Spm0140	Spm0164	Spm0175	Spm0202	Spm0215	Spm0239
	Spm0079	Spm0086	Spm0113	Spm0141	Spm0165	Spm0176	Spm0203	Smp0216	Spm0240
	Spm0080	Spm0087	Spm0114	Spm0142	Spm0166	Spm0177	Spm0204	Spm0217	Spm0241
	Spm0081	Spm0088	Spm0115	Spm0143	Spm0167	Spm0178	Spm0205	Spm0218	Spm0242
	Spm0082	Spm0089	Spm0116	Spm0144	Spm0168	Spm0179	Spm0206	Spm0219	Spm0243
	Spm0083	Spm0090	Spm0117	Spm0145	Spm0169	Spm0180	Spm0207	Spm0220	Spm0244
	Spm0069	Spm0091	Spm0118	Spm0146	Spm0170	Spm0181	Spm0208	Spm0221	Spm0245
		Spm0092	Spm0119	Spm0147	Spm0171	Spm0182	Spm0209	Spm0222	Spm0246
		Spm0093	Spm0120	Spm0148	Spm0172	Spm0183	Spm0210	Spm0223	Spm0247
		Spm0094	Spm0121	Spm0149	Spm0173	Spm0184	Spm0211	Spm0224	Spm0248
		Spm0095	Spm0122	Spm0150	Spm0174	Spm0185	Spm0212	Spm0225	
		Spm0096	Spm0123	Spm0151	Spm0144	Spm0186	Spm0213	Spm0226	
		Spm0097	Spm0124	Spm0152		Spm0187	Spm0026	Spm0227	
		Spm0098	Spm0125	Spm0153		Spm0188	Spm0080	Spm0228	
		Spm0099	Spm0126	Spm0154		Spm0189		Spm0229	
		Spm0100	Spm0127	Spm0155		Spm0190		Spm0230	
		Spm0101	Spm0128	Spm0156		Spm0191		Spm0231	
		Spm0102	Spm0129	Spm0157		Spm0192		Spm0232	
		Spm0103	Spm0130	Spm0158		Spm0193		Spm0233	
		Spm0104	Spm0131	Spm0159		Spm0194		Spm0234	
		Spm0105	Spm0132	Spm0160		Spm0195		Spm0235	
		Spm0106	Spm0133	Spm0161		Spm0196		Spm0236	
		Spm0107	Spm0134			Spm0197		Spm0237	
		Spm0108	Spm0135			Spm0198			
		Spm0109	Spm0136			Spm0199			
		Spm0110	Spm0137			Spm0200			
			Spm0080						

Les identifications appuyées bien entendu par une donnée photographique sont assez aisées chez les baleines à bosse car ces animaux sont sociables, faciles à approcher, fréquents dans les eaux de l'archipel et ils montrent leurs caudales lorsqu'ils plongent en profondeur.

Le tableau suivant synthétise le travail de Mr Etcheberry et présente les différents individus recensés en fonction des années. Les baleines notées en noir n'ont encore jamais été recensées dans l'archipel tandis que celles en bleu ont déjà été aperçues.

Année	1983	1984	1985	1987	1989	1990	1991
Nombre	1	5	2	2	1	2(3)	4
	Spm0001	Spm0002 Spm0003 Spm0004 Spm0005 Spm0010	Spm0008 Spm0009	Spm0006 Spm0007	Spm0054	Spm0011 Spm0053 Spm0054	Spm0012 Spm0036 Spm0051 Spm0052

Année	1992	1993	1994	1995	1995	1997	2000	2002
Nombre	1	2	7(8)	26(31)		4	5	8
	Spm0013	Spm0014 Spm0015	Spm0016 Spm0017 Spm0018 Spm0019 Spm0020 Spm0021 Spm0022 Spm0015	Spm0023 Spm0024 Spm0025 Spm0026 Spm0027 Spm0028 Spm0029 Spm0030 Spm0031 Spm0032 Spm0033 Spm0034 Spm0035 Spm0037 Spm0038 Spm0040	Spm0043 Spm0044 Spm0045 Spm0046 Spm0047 Spm0048 Spm0050 Spm0055 Spm0057 Spm0058 Spm0015 Spm0017 Spm0018 Spm0020 Spm0036	Spm0059 Spm0060 Spm0061 Spm0062	Spm0063 Spm0064 Spm0065 Spm0066 Spm0067	Spm0068 Spm0069 Spm0070 Spm0071 Spm0072 Spm0073 Spm0074 Spm0076

Au total, la base de données a permis de recenser 248 individus différents autour de Saint Pierre et Miquelon. Sans ce travail de presque trente ans, aucun suivi des mammifères marins grâce aux observations visuelles ne pourrait être possible maintenant.

Le graphique suivant fait apparaitre le pourcentage de baleines déjà connues vues chaque année. Attention les données sur le nombre global de cétacés observés chaque année doit être pondéré par de nombreux paramètres. Il ne faudrait pas penser que la population de baleine à bosse augmente tous les ans ! Si les chiffres croissent globalement c'est principalement parce que le nombre d'observateurs augmente. En revanche si l'on observe une baisse d'une année à l'autre c'est

certainement parce que les conditions météorologiques étaient défavorables ou que les observations n'ont pas été retranscrites.

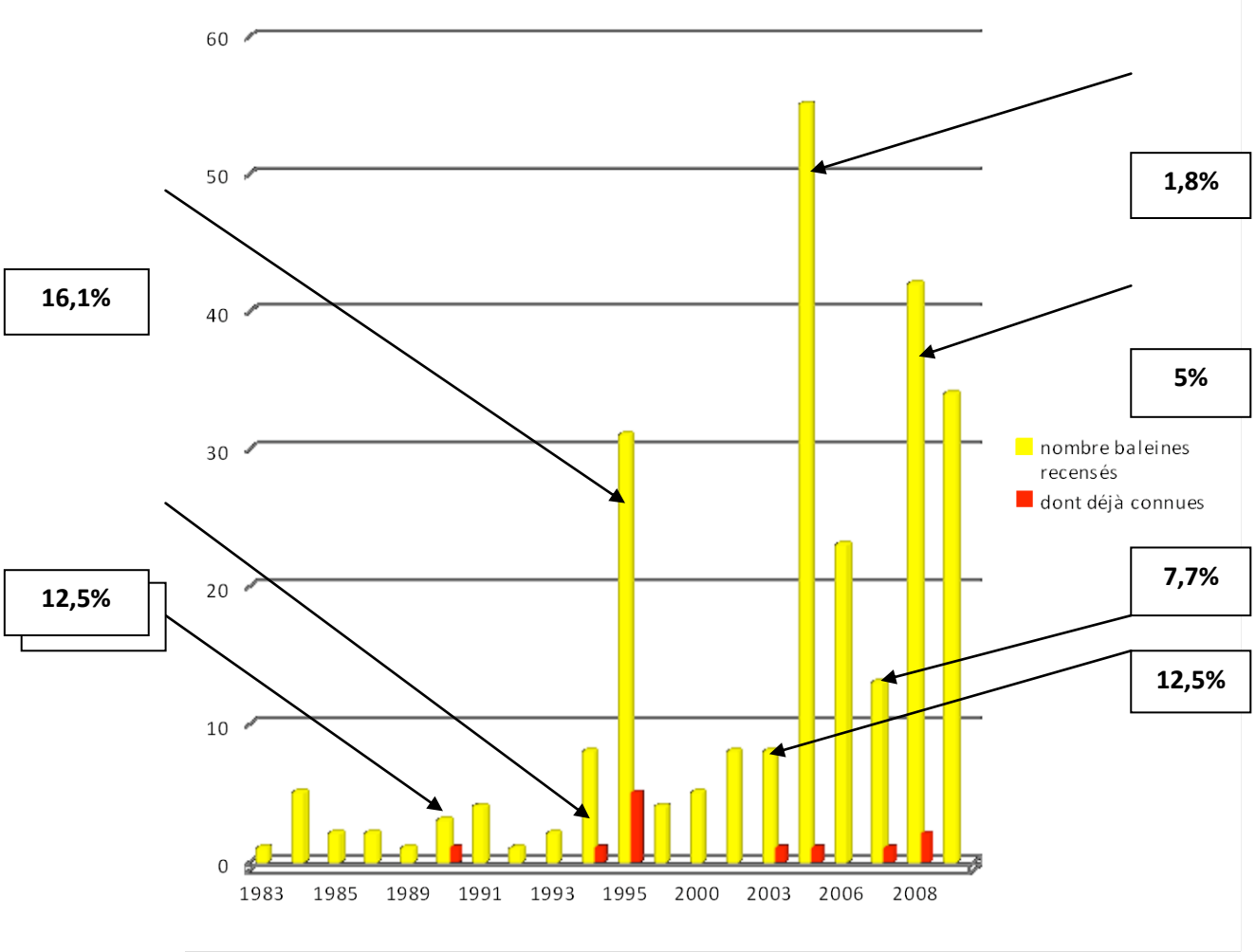


Figure 4: Graphique donnant le pourcentage de baleine visualisées et déjà connues par année.

Ainsi on peut voir que certaines années il existe un pourcentage non négligeable (jusqu'à 16,1% en 1995) de baleines observées ayant déjà sillonnées les eaux de l'archipel auparavant. Il est très intéressant de remarquer la différence de temps qu'il peut exister entre deux visualisations de la même baleine. Par exemple l'individu spm0026 a été identifié pour la première fois en 1995 et revu par la suite en 2008. D'autres sont simplement revus d'une année sur l'autre.

Ces remarques amènent à se poser des questions quand au cheminement migratoire des cétacés. Peut-on dire que les baleines à bosse accomplissent leur migration chaque année? Est-il possible que certaines restent dans les eaux de l'archipel? Pour répondre à ces questions, il est nécessaire de récolter des données de tout l'atlantique Nord, de les analyser ou même d'utiliser d'autres méthodes pour voir si des caractéristiques générales quand à la migration des baleines en ressortent.

1-3)Les données hors archipel :

De nombreuses données hors archipel ont également pu être récoltées par l'intermédiaire de Mr Etcheberry. La construction d'un réseau avec l'international est indispensable pour améliorer le suivi des cétacés. Pour ce faire, SPM Frag'îles est en relation avec des observateurs se trouvant dans des lieux clés pour les baleines. Ainsi, l'association collecte des données sur les mammifères marins des Bermudes, de Terre Neuve et de Guadeloupe. Le tableau suivant détaille la liste des contacts à l'étranger.

Localisation		Nom	Statut	Adresse
Les Bermudes		Andrew Stevenson		http://www.whalesbermuda.com/
Terre Neuve	Bonavista and Trinity Bays	Reg Kempen and Shawna Prince		http://www.whalenfld.org/fluke_records.htm
	Bonavista Labrador	Wayde Ledwell	Whale realase and stranding	http://www.newfoundlandwhales.net/
	St John's and N.L.	Jack Lawson and Tara Stevens	Chercheur scientifique	http://www.dfo-mpo.gc.ca/science/coe-cde/cemam/teams-equipes/Lawson/lawson-fra.html
Guadeloupe		Nadège Gandilhon	Breach	http://www.breach-asso.org/pages/contact.html

Figure 5: Liste des contacts utilisés pour la collecte des données hors archipel

Il est à noter que les données récoltées traitent principalement des baleines à bosse. La carte suivante retranscrit les positions de quelques exemples frappant de ces mammifères pour tenter de faire ressortir un trajet favorisé. Les localisations de 5 baleines sont utilisées (spm 0001, 0026, 0108, 0141 et 0217). Il semblerait que les cétacés réalisent une boucle à partir des eaux froides de la côte canadienne (Groenland y compris) où elles se nourrissent jusqu'aux eaux chaudes entourant la Guadeloupe et la République Dominicaine où elles se reproduisent. On le voit facilement en étudiant les positions de spm 141 ou bien de spm 217.

De plus, on peut penser que les mammifères effectuent leur périple en ne longeant pas forcément les côtes. En effet spm 141 a été localisée au large des Bermudes.

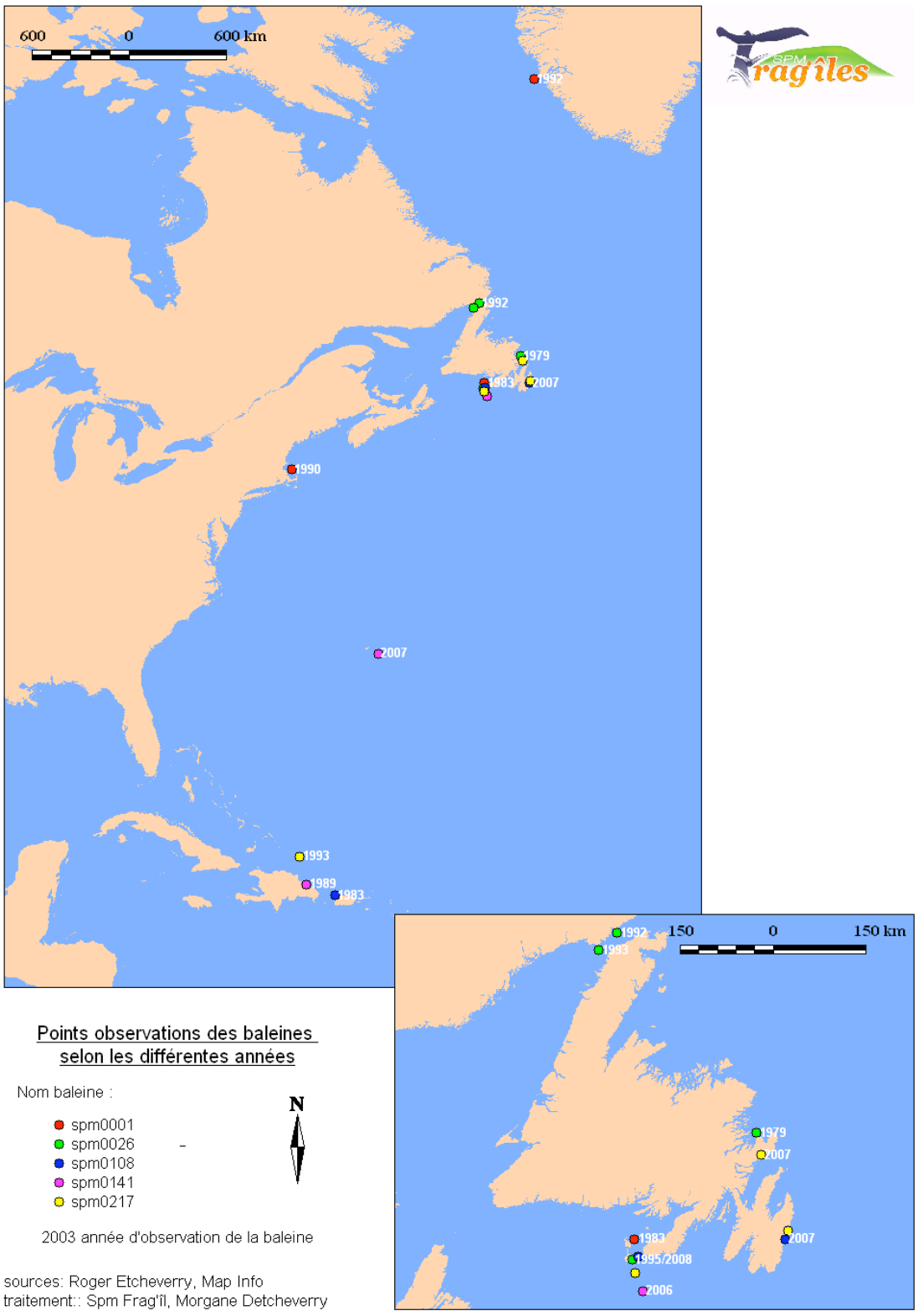


Figure 6: Carte répertoriant les positions de plusieurs baleines à bosses selon les années

Ainsi on peut supposer plus ou moins connu le trajet migratoire des baleines à bosse dans l'atlantique nord mais il reste toujours quelques inconnues. En effet en s'intéressant aux dates où ont été visualisés les mammifères, on peut par exemple remarquer que spm 217 se trouvait en Guadeloupe en 1993 et a ensuite été observée en 2007 et 2008 dans l'archipel de Saint Pierre et Miquelon. En considérant que les observations visuelles restent aléatoires et trop rares, on peut tout de même se demander quelle est la durée et la fréquence des migrations des baleines à bosse. Ces trajets se modifient-ils avec les changements climatiques? Pour répondre à ces nouvelles interrogations, il est envisageable de recourir à de nouvelles techniques de suivi comme par exemple les balises ARGOS.

1-4) Suivi des baleines à bosse grâce aux balises ARGOS :

L'observation visuelle des cétacés bien qu'étant l'une des méthodes les plus courantes possède de nombreuses limites. En effet, à Saint Pierre et Miquelon les conditions climatiques n'étant pas toujours favorables, le temps de possibilité d'observation est grandement limité. De plus le nombre d'observateurs n'est pas très important et suivre une baleine à bosse sur une grande partie de son trajet migratoire est irréalisable. C'est pourquoi l'utilisation de balises ARGOS pourrait être intéressante.

Nadège Grandilhon, un des contacts de SPM Frag'îles travaille sur les mammifères marins des eaux de l'archipel guadeloupéen. Entre comptage maritime et acoustique passive, elle expérimente aussi le traçage des cétacés par balise ARGOS. Dans le cadre de sa thèse, cette dernière a implanté une balise sur un animal, une femelle accompagnée de son baleineau.

Apparemment, le pas des informations reçues sur la localisation du cétacé est de un à trois jour. Ceci est du à plusieurs facteurs. La balise n'est programmée que pour émettre durant 5 heures par jour et il n'y a que deux satellites au dessus de la zone sillonnée actuellement par le mammifère. Ainsi la probabilité de capter un signal de la balise ARGOS est restreinte mais le cheminement de la baleine a quand même pu être suivi. En effet une simulation de la couverture satellite (figure 7) avait été réalisée préalablement pour améliorer la probabilité de récupération des données.

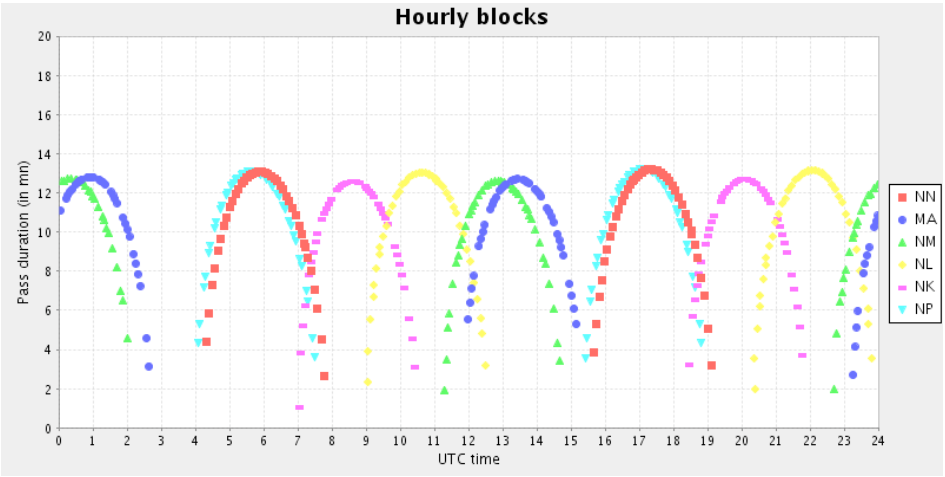


Figure 7: Simulation de couverture satellite

Ainsi Mme Grandilhon suit le processus migratoire de la baleine à bosse (figure 8).

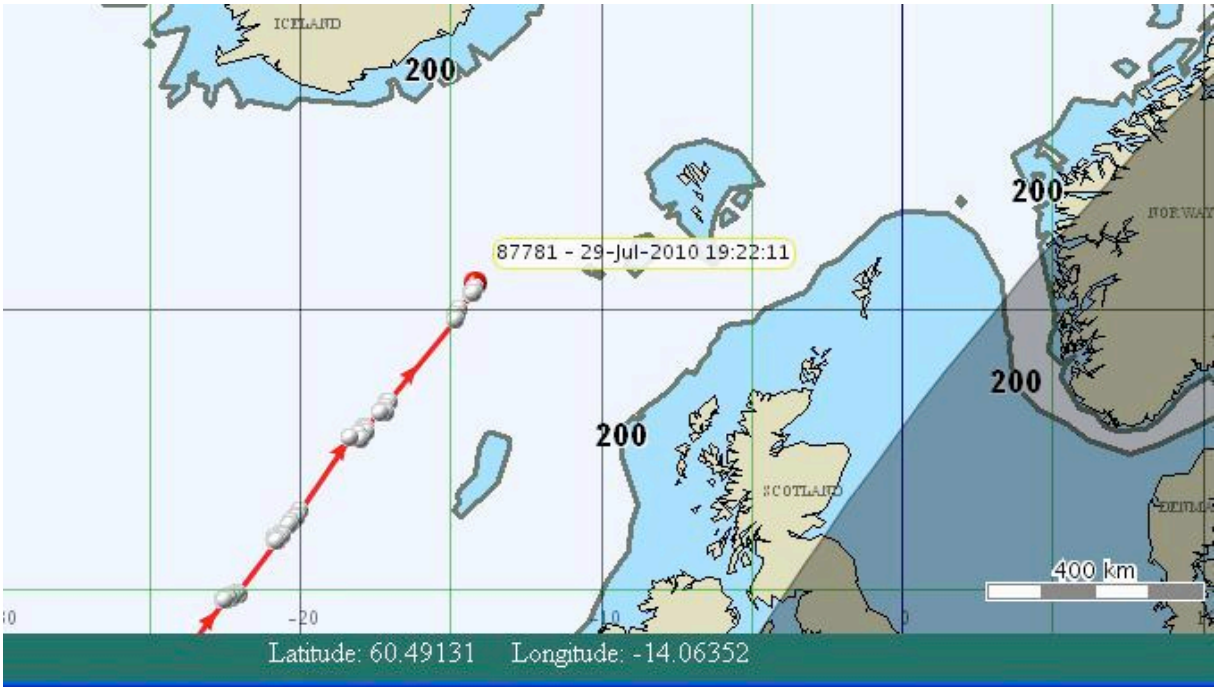


Figure 8: Tracé du trajet par l'animal balisé

Mais cette technique n'a d'intérêt que si elle est réalisée sur un grand nombre d'animaux et sur des zones différentes pour pouvoir après déterminer un trajet préférentiel et surtout la fréquence et la durée de la migration.

Il pourrait donc être intéressant pour Saint Pierre et Miquelon de participer a une opération de ce genre dans le cadre du suivi et de la préservation des mammifères marins.

Jack Lawson docteur de recherche sur les mammifères marins pour la province de Terre Neuve et Labrador et membre du DFO entame un projet de balisage des cétacés. De part la proximité géographique avec Terre Neuve, il pourrait être bénéfique pour l'archipel français de collaborer avec ce scientifique et de participer activement au marquage des mammifères dans cette région.

Mr Lawson utilise des balises ARGOS qu'il fixe à l'aide d'une arbalète sur l'épiderme des individus qu'il veut tracer. Le matériel peut en plus être réutilisé pour d'autres projets. En effet, les biopsies (prélèvements d'ADN des mammifères marins) peuvent être réalisées également à l'aide de cette arbalète.

1-5) Biopsies :

Les biopsies sont définies par le prélèvement d'un centimètre de peau (regroupant chaire et graisse) de mammifère marin et sont effectuées à l'aide d'une arbalète ou d'un fusil. Des chercheurs canadiens notamment Mr Lawson réalisent actuellement ces collectes d'ADN et constituent une base de données permettant à terme de visualiser les liens de parentés entre les différents individus d'une espèce ou entre les espèces elles-mêmes.

Mais les prélèvements ne peuvent être réalisés sans l'obtention au préalable d'une autorisation de la DAF de Saint Pierre et Miquelon. Seul Mr Detcheverry est accrédité pour ce genre d'action sur l'archipel. De plus, la CITES (convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction) une fois ratifiée permet le commerce et ainsi l'échange des échantillons prélevés. Son obtention pourrait engendrer une plus grande collaboration encore avec nos partenaires canadiens.

Le suivi visuel des populations, la consolidation de réseau atlantique Nord, le balisage et les biopsies sont nécessaires et indispensables pour approfondir les connaissances déjà acquises sur les mammifères marins. Saint Pierre et Miquelon en participant à ces projets pourrait placer le France au cœur de la préservation de la faune sous-marine et inclure la nation tricolore au vaste projet de comptage des cétacés prévu pour 2013 et regroupant les pays de tout le pourtour atlantique.

2) Suivi des populations par comptage aérien :

Le suivi visuel de la faune des eaux de l'archipel de Saint Pierre et Miquelon ne peut pas s'entreprendre uniquement avec des observations classiques. En effet ces dernières bien qu'indispensables, sont grandement limitées (voir I) et ne suffisent pas pour l'étude et le suivi des populations aquatiques. C'est pourquoi l'association SPM Frag'îles a lancé un projet de comptage aérien de ces différentes espèces.

2-1) Méthode :

2-1-1) Objectifs :

Les objectifs de ce comptage aérien sont multiples et tous tournés vers la préservation de la faune sous-marine. Il s'agit ici tout d'abord de recenser quantitativement les mammifères marins et tortues présentes aux alentours du territoire français. Ensuite, le but est de différencier les espèces présentes, voir de définir des lieux à forte fréquentation. On pourra aussi caractériser d'autres paramètres liés à la zone d'étude (température,..), travailler à la création d'une base de données regroupant identification et localisation des cétacés, calculer des indices d'abondance et de distribution.

Bien sur, ce programme n'a aucun intérêt s'il n'est pas poursuivi dans les mois et les années suivantes. Le but étant le suivi des mammifères marins, il faut réitérer les survols afin de visualiser l'évolution des populations et de pérenniser les données.

2-1-2) Partenariats :

Il est inconcevable de réaliser un tel projet sans partenaire. La mission est financée par le Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer. SPM Frag'îles s'est aussi entourée d'un spécialiste en la personne de Jack Lawson docteur de recherche sur les mammifères marins pour la province de Terre Neuve et Labrador, membre de la branche science du DFO (Department of Fisheries and Oceans) de St John. Mr Lawson nous apporte une aide inestimable en permettant l'affrètement de l'avion et en formant les membres de SPM Frag'îles à la reconnaissance et la localisation aérienne des cétacés et tortues luths.

2-1-3) Matériels et logistique :

Figure 9: Photographie de l'avion Twin Otter

Grâce à nos partenaires canadiens, un avion de type Twin Otter 300 de la compagnie Innu Mikun équipé et pouvant accueillir une vingtaine de personnes sera affrété à Saint Pierre et Miquelon. L'aéronef est équipé de 3 larges vitres « bulles » utilisées par les obse

rvateurs pour le comptage.

L'appareil est aussi doté d'une sonde électronique de température (utilisé pour connaitre la température de la surface de l'océan) se situant sur le dessous de l'avion.

L'étude devrait se dérouler sur 4 jours mais elle pourrait être limitée par des conditions climatiques défavorables. Dans ce cas, la zone d'étude ne pourrait être survolée entièrement. Le Twin Otter stationnerait donc durant 3 nuits à l'aéroport de La Pointe Blanche où il pourrait disposer d'un hangar amicalement mis à disposition par la compagnie aérienne Air Saint Pierre.

Tous les besoins matériels consommés pendant l'étude (chambres d'hôtel pour l'équipage, alimentation, kérosène, location du hangar,..) sont réglés par SPM Frag'îles avec les crédits du MEEDM.

De plus avant chaque comptage, il est nécessaire d'obtenir certaines autorisations. Il est donc indispensable de réaliser la démarche suivante avant chaque comptage aérien :

- Envoyer un courrier officiel et explicatif (exemple en annexe) à la direction générale de l'Aviation civile qui transmettra à la PAF (Police aux frontières).

La sécurité à bord n'est pas oubliée. Une embarcation gonflable de six places est installée dans l'aéronef. Chaque membre de l'équipe présent se verra doté d'un gilet de sauvetage qu'il portera durant toute l'étude car le survol s'effectue à basse altitude au dessus de l'océan. L'équipage de l'avion indiquera les procédures de sécurité avant chaque survol. Un plan de vol sera fourni chaque matin à la tour de contrôle.

2-1-4) Protocole expérimental :

-Zone d'étude : Les survols auront lieu dans un périmètre prédéfini par Mr Lawson et s'effectueront selon des transects espacés de 10 miles nautiques orientés Nord-Sud (figure 2).

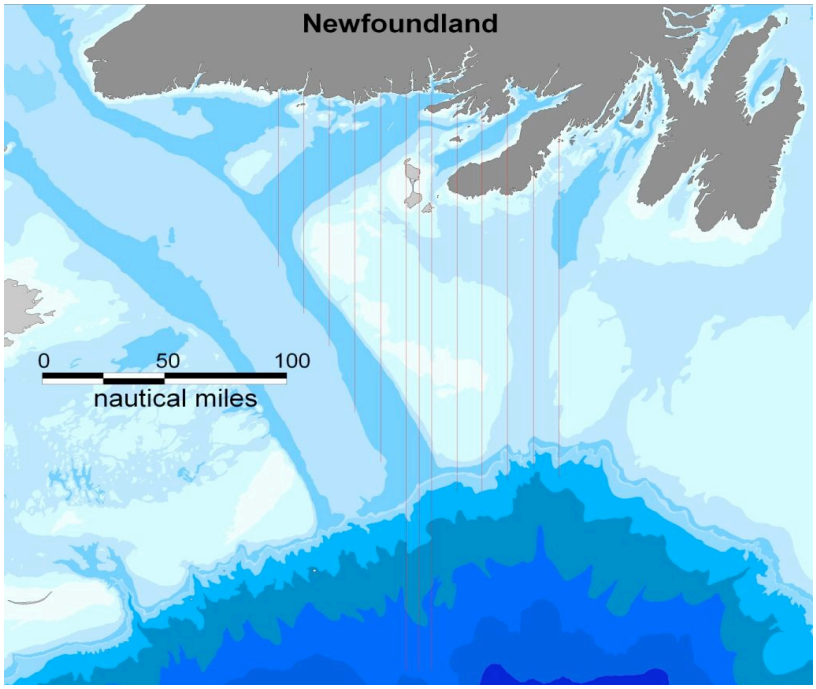


Figure 10:Transects et zone de l'étude

La distance survolée durant toute l'étude est théoriquement fixée à 2090 miles nautiques répartis sur 4 jours. Mais le survol dépend principalement des conditions climatiques, et la zone d'étude pourra donc être diminuée si le mauvais temps s'installe.

-Caractéristiques du vol : l'aéronef volera à une altitude de 183 mètres (600 ft) et à une vitesse moyenne de 204 km/h (110 nœuds).

-Récolte des données : l'avion possédant 3 poste d'observation (un à gauche, deux à droite), trois observateurs travaillent en même temps au repérage et identification des cétacés. Une quatrième personne est vouée à enregistrer les positions GPS des observations. Les observateurs ont la possibilité de communiquer avec le quatrième membre de l'équipe mais ne peuvent pas échanger entre eux ce qui élimine toute influence entre ces derniers. Le poste d'enregistrement (figure 3) est muni d'un ordinateur équipé du logiciel spécifique des survols aériens (VOR) et d'un GPS permettant de visualiser la position des observations.

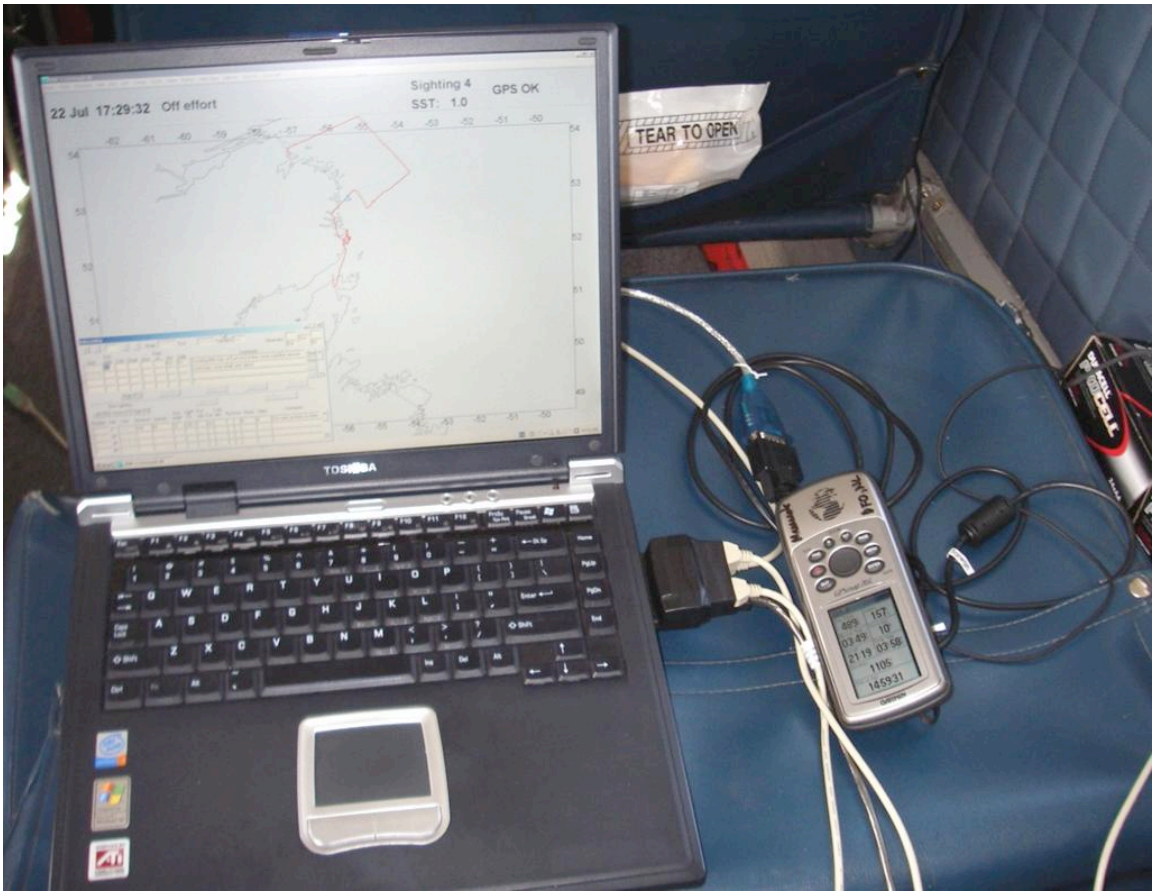


Figure 11: Matériel du poste d'observation

Les informations sont transmises au poste d'enregistrement par voie USB et rapport oral. Chaque observateur dispose d'un carnet visant à accumuler des notes manuscrites au cas où l'enregistrement est temporairement indisponible. Les deux fenêtres de droite permettent la comparaison des localisations enregistrées et les données récoltées sont ensuite utilisées pour en augmenter leur précision et ainsi diminuer le biais engendré par l'œil humain (en sachant que la place arrière de part la visibilité qu'elle propose entraine une meilleure visibilité).

-Le logiciel VOR : Le logiciel VOR est installé sur l'ordinateur du poste d'enregistrement et interfère avec un GPS (exemple, GARMIN S76) grâce à un câble RS232. Le programme relève la position de l'avion en permanence durant l'étude (Figure 4) mais aussi les positions, l'heure des observations et les changements qui pourraient intervenir (visibilité, état de la surface de l'océan).

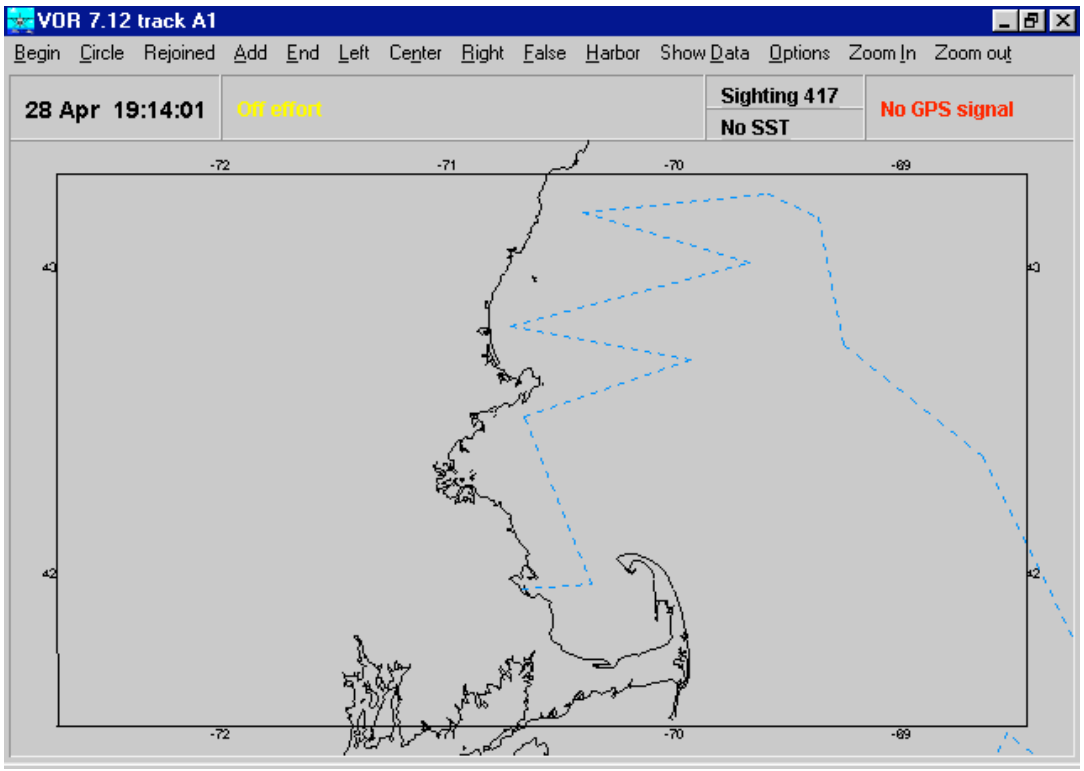


Figure 12: Relevé de la position de l'aéronef par le logiciel VOR

A chaque information correspond un menu qu'il convient de sélectionner à l'aide de la souris ou du clavier pour rentrer les données.

-Détails des menus :

- Begin (alt+B ou F1) : Ce menu doit être activé au début de la période d'étude sinon aucune donnée ne peut être enregistrée.
- Add (Alt+A ou F4) : Utiliser à chaque nouvelle ligne de transect. Il permet aussi de rajouter une ligne d'enregistrement et donc de noter les modifications des conditions d'observation.

- End (Alt+E ou F5) : Permet de signaler la fin d'une étape de transect ou de noter que la plage d'attention d'un observateur est terminée.
- Left (F6), Right (F7) ou Right rear (F8) : Enregistrer l'heure et la position d'une nouvelle observation. Les trois différents menus permettent de positionner l'observation du bon côté de l'avion.
- Hide data ou Show data (Alt+D) : utiliser pour cacher les données enregistrées et pratique pour visualiser la carte.
- Zoom in (*PgUp*) and Zoom out (*PgDn*) : utile pour modifier la taille de la carte.

Lorsque le transect est lancé et que les observateurs sont dans une période que l'on nomme l'effort (durant laquelle toute leur attention est vouée aux observations), un nouvel écran apparait sur l'ordinateur.

- Ecran d'entrée des données (figure 5) : On peut apercevoir en haut à droite de l'écran, les initiales et les positions des différents observateurs. Les positions restent inchangées durant une période d'effort et les fonctions End et Begin doivent être utilisées à chaque changement.

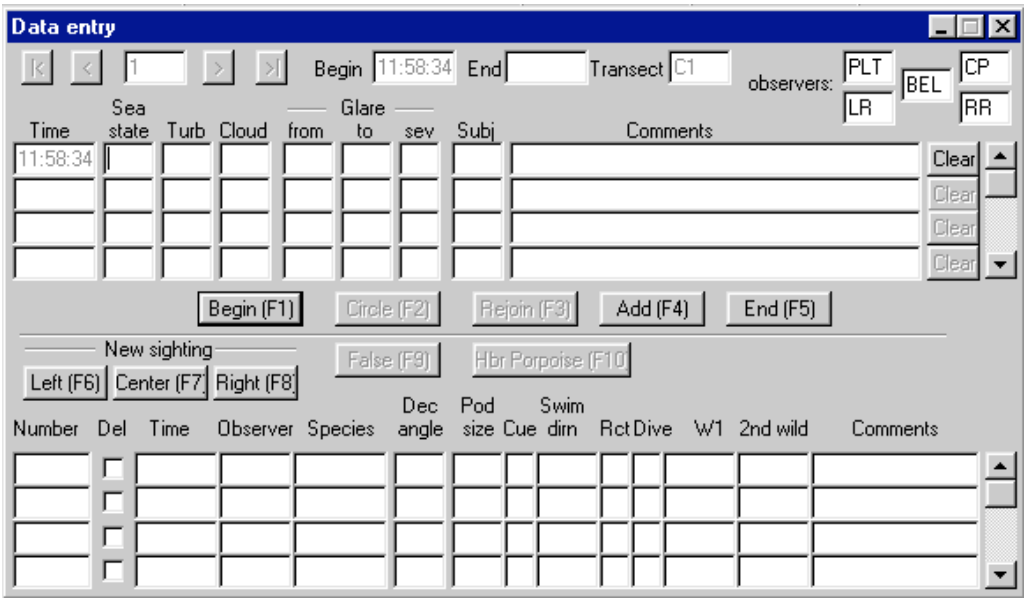


Figure 13: 2cran de rentrée des données

Lorsque l'on note une observation dans la case prévue à cet effet, l'heure, le numéro et l'observateur sont inscrits automatiquement. Les domaines « Dec Angle » et « Species » doivent aussi être complétés pour chaque visualisation car le premier permet de calculer la distance entre le mammifère marin et l'avion et que le deuxième n'est autre que le type de cétacé observé. Toutefois, il est possible que dans certains cas ces données ne soient pas collectables. Pour l'identification des espèces, il est préférable d'utiliser des abréviations pour écourter le temps de prise en note. Mr Lawson et son équipe utilise un code (figure 6) mais il est possible de créer le notre.

Species	Code	Species	Code	Species	Code
Humpback Whale	MN	Fin Whale	BP	Blue Whale	BM
Minke Whale	BA	Right Whale	EG	Bowhead Whale	BO
Sei Whale	BB	Pilot Whale	GM	Sperm Whale	PM
Killer Whale	OO	Beluga Whale	DL	North Bottlenose Whale	HA
Fin/Sei Whale	FS	Unknown Whale	UW	Harbour Porpoise	PP
Atl White-sided Dolphin	LA	Common Dolphin	DD	Bottlenose Dolphin	TT
White-beaked Dolphin	WB	Striped Dolphin	SC	Atl Spotted Dolphin	SF
Narwhal	MM	Pygmy Sperm Whale	KB	Risso's Dolphin	GG
Unknown Dolphin	UD				
Harp Seal	PG	Hooded Seal	CC	Grey Seal	HG
Ringed Seal	PH	Bearded Seal	EB	Unknown Seal	US
Leatherback Turtle	LT	Unknown Turtle	UT	Sunfish	SF

Figure 14: Exemple d'abréviation utilisées pour désigner les mammifères marins.

Il est à noter qu' « une observation » ne veut pas forcément dire « un mammifère marin ». Dans ce cas, la taille approximative du groupe de cétacé est répertoriée dans le domaine « Pod size ». Si le mammifère marin n'est pas identifié, il est possible d'indiqué que l'animal est inconnu (voir figure 6).

Le domaine « dec angle » est annoté grâce à la mesure positive de l'angle entre l'horizon et le cétacé. C'est-à-dire qui si l'animal si situe à l'horizon, l'angle est nul et si il se situe sous l'avion, l'angle est de 90 degrés. La mesure s'effectue en temps normal avec un inclinomètre portatif Suunto mais il est possible qu'elle doive se faire à l'oeil. Dans ce cas, l'observateur doit tenter d'estimer au degré près l'angle et ne peut donner de fourchette d'approximation. Si le mammifère se situe en arrière ou en avant de l'aéronef, l'observateur doit estimer l'angle qu'il ferait avec l'horizon si il se trouvait directement sur le coté de l'avion.

2-1-5) Espèces ciblées :

D'après le rapport de synthèse sur les observations des mammifères marins dans l'archipel de Saint Pierre et Miquelon (*J.Zelhuber et J.Detcheverry , SPM Frag'iles 2009)*, il y aurait 17 espèces de cétacés sillonnant les eaux environnantes. Ces dernières sont énumérées dans le tableau (figure 1, I-1-1) et sont l'objet principal de l'étude. Les tortues luths qui ne sont pas des mammifères sont comptées aussi.

2-2) Résultats :

Malheureusement, en raison du retard pris dans l'avancement du projet, le comptage n'aura lieu que du 31 aout au 5 septembre.

A compléter. Ne pas oublier de compléter le sommaire et la tables des figures.

2-3) Interprétation :

II) Suivi acoustique passif des mammifères marins :

Les mammifères marins sont vocalement actifs, les sons qu'ils produisent vont permettre d'identifier leur présence (et par défaut leur absence) dans une zone prédéfinie. En les enregistrant par le biais de l'acoustique passive, on peut déduire l'espèce et définir s'il y a un seul individu ou un groupe. Il est donc important de comprendre la propagation du son dans l'eau et de décrire les différents sons des cétacés.

Les baleines émettent dans des bandes fréquentielles différentes, il est nécessaire d'en prendre compte lorsque l'on veut réaliser des enregistrements. Ceci dépend des espèces que l'on veut identifier et du protocole expérimental mis en place.

Il est nécessaire d'utiliser l'acoustique passive à Saint Pierre et Miquelon, étant donné que les conditions météorologiques ne sont pas toujours favorables et que les observateurs viennent à manquer. Une fois mouillé (à des coordonnées précises), l'hydrophone sera fixe, il permettra de recenser certains cétacés alors que cela aurait été impossible par mauvais temps. Cette technique va permettre de contribuer au recensement des cétacés, de mettre éventuellement en evidence certains déplacements et donc de mieux les comprendre. Ces connaissances pourront servir à des gestionnaires ou dans la mise en place d'une économie dédiée.

1) Présentation générale :

1-1) L'onde sonore :

Depuis son plus jeune âge, chaque individu a pu s'apercevoir qu'il percevait des sons plus ou moins puissants, plus ou moins supportables. En effet l'onde sonore est présente dans tous les milieux différents du vide, mais possède des caractéristiques non similaires suivant les propriétés de l'environnement dans lequel elle se propage.

Le son, qu'est-ce que c'est ?

Pour répondre à cette question, il est nécessaire de revenir à la description physique de l'onde sonore. Dans l'atmosphère et les milieux liquides ou gazeux, le signal sonore est en réalité une variation de pression des éléments du milieu dans le temps. Ce signal est caractérisé par son amplitude (qui représente le fait que l'on entende le son plus ou moins fort) et sa fréquence (élevée si le son est aigu, plus basse s'il est grave). Ensuite le signal une fois émis se propage et entraine la vibration des corps physiques qu'il rencontre, c'est-à-dire qu'il exerce une force de pression non constante sur ces objets (figure 1)

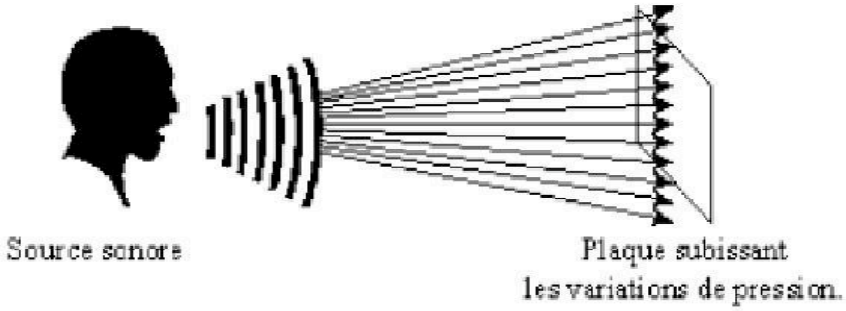


Figure 15: Explication de l'origine du son.

Pour pouvoir par la suite analyser les différents signaux, il faut tout d'abord visualiser les variations de la pression (unité : Pa ou Pascal) par rapport au temps. Prenons par exemple, un signal des plus simples pour introduire certaines grandeurs physiques.

Ci-dessous (Figure 2) est représenté le graphe suivant : $P(t)=sin(t)$

On peut voir sur le schéma ce que l'on nomme une période (T). La formule suivante relie la période à la fréquence : $f=\frac{1}{T}$ où f est la fréquence (unité : Hz ou Hertz).

L'amplitude *V* de ce son est donnée par la mention « max ». Mais pour des raisons pratiques, en acoustique et dans d'autres domaines, on utilise plutôt la valeur efficace (notée « efficace » sur le graphe). En effet c'est la valeur généralement donnée par les appareils de mesure.

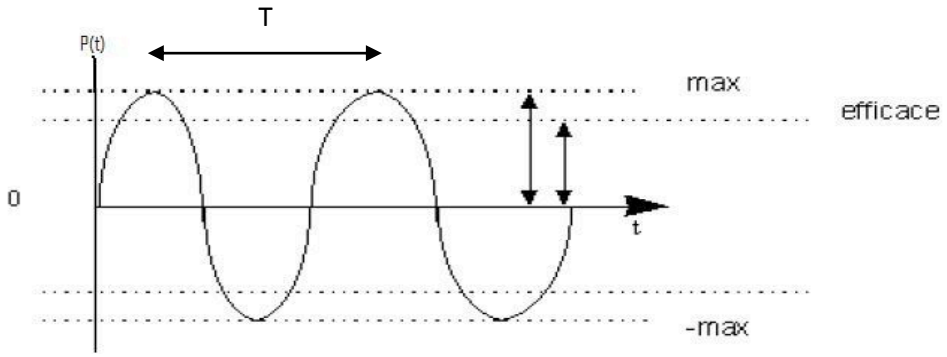


Figure 16: Exemple d'une représentation des variations de pression en fonction du temps.

Ici et pour tout signal sinusoïdal, $V_{eff}=\frac{V}{\sqrt{2}}$.

Pour des signaux quelconques, composés de plusieurs fréquences, la formule générale est donnée par : $V_{eff}=\sqrt{\frac{1}{T2-T1}\int_{T1}^{T2} P(t)^2\,dt}$ où T_1 et T_2 sont deux temps distincts.

Il existe deux types de visualisation d'un signal sonore :

- dans le domaine temporel : on s'intéresse à la variation de l'amplitude en fonction du temps.
- dans le domaine fréquentiel : on s'intéresse à la variation de la fréquence en fonction du temps.

Les sons entendus dans le monde réel ne possèdent quasiment jamais une seule fréquence mais en sont composés d'une multitude. De plus, les enregistrements peuvent durer plusieurs heures, voire pour certaines observations, plusieurs jours. Il est donc indispensable de travailler avec des outils informatiques pour pouvoir analyser les signaux réels.

Différentes échelles :

Le son devrait donc logiquement s'exprimer en Pascal, l'unité du système international utilisée pour mesurer une pression. Mais l'étendue des variations de pression audible pour l'être humain dans l'air est la suivante :

Minimum : 0,00002 Pa Maximum : 200 Pa

Il va de soi que l'étendue des valeurs est trop importante pour pouvoir visualiser correctement les variations de pression acoustique. C'est pour cette raison qu'il a été proposé une échelle logarithmique, le Décibel. Cette échelle permet de condenser la représentation graphique des variations de pression pour un meilleur confort de lecture..

On obtient : *Niveau sonore = 20*log($\frac{P}{P0}$)* où P est la pression ; P_0 la pression standard de référence.

Il est à noter que la pression standard de référence a été fixée à 20µPa, pression minimale audible par l'Homme. Cette pression de référence n'a pas de sens pour caractériser d'autres sons qui n'ont pas vocation à être entendu par l'Homme. De plus lorsque l'on parle de niveau sonore émis par une source, c'est en réalité le niveau perçu à un mètre de cette dernière.

1-2) La propagation acoustique dans l'eau :

L'objet de cette partie du rapport est l'étude des mammifères marins par acoustique passive. Il est donc indispensable de réaliser une étude préalable sur la propagation des ondes sonores dans le milieu aqueux.

Célérité de l'onde sonore :

Il est évident que le son ne se propage pas de la même façon dans l'eau que dans l'air. Premièrement, dans l'eau l'onde sonore se déplace 4 à 5 fois plus rapidement que dans l'air (ceci s'explique par le fait que les molécules d'un liquide sont plus liées que celles d'un gaz). De plus, il faut savoir que la vitesse du son dans l'eau n'est pas uniforme sur toute la hauteur de la colonne d'eau.

La célérité de l'onde dans le milieu aqueux dépend en effet de la pression, de la température et de la salinité. On peut voir cette variation sur le graphe ci-joint (figure 3). Ainsi la propagation du son dans l'eau n'est pas linéaire.

Par exemple, une augmentation de 1°C entraine une augmentation de vitesse de 3 $m.s^{-1}$ ou encore, 100 m de profondeur en plus entraine une augmentation de 1,7 $m.s^{-1}$.

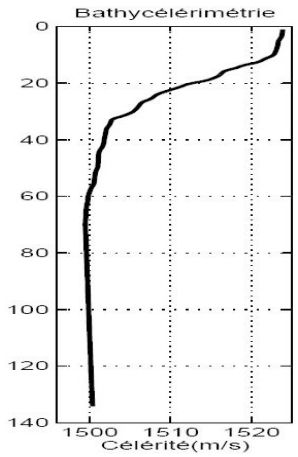
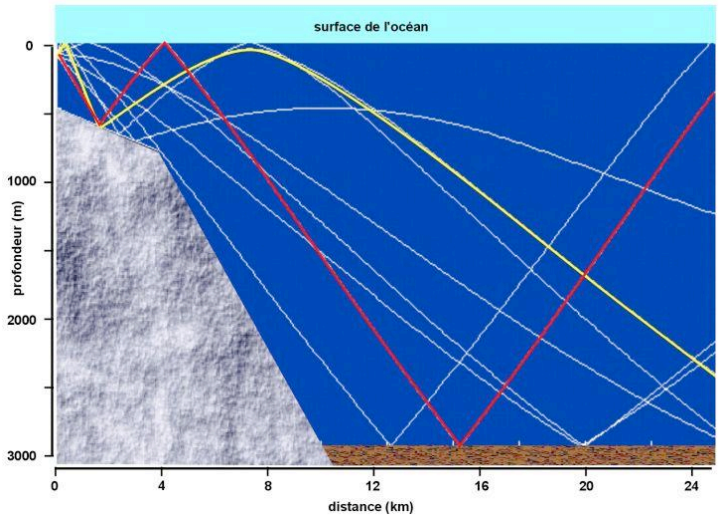


Figure 17: Célérité du son dans l'eau

Propagation du son :



La propagation du son est modélisée par l'équation de Helmhotz :

$$\Delta p + \frac{w^2}{c^2} * p = 0 \quad \text{où}$$

p : pression ; w : pulsation ; c : la célérité. On peut noter que : *w=2*π*f.*

Figure 18: propation du son dans l'eau

Il existe plusieurs modèles mathématiques pour résoudre cette équation ; on peut par

exemple considérer que l'onde sonore se propage sphériquement, notamment lorsque l'on désire faire l'analyse de sources à proximité des hydrophones (<5km). Pour des distances supérieures, il est nécessaire de recourir à des logiciels de simulation de propagation acoustique pour notamment affiner l'effet de cette propagation sur la nature intrinsèque du signal.

On a vu précédemment que le son dans l'eau ne se propageait pas en ligne droite. Il est aussi indispensable de prendre en compte les réflexions de l'onde sur la surface de l'océan et sur les fonds marins pour pallier à d'éventuels problèmes d'écho et noter qu'il y a plusieurs trajets possible pour le son.

Plus de 90% des sons sont réfléchis à la surface tandis que la réflexion sur le fond marin dépend de la nature des sols.

Atténuation de l'onde :

Dans l'eau, l'atténuation d'un son est proportionnelle au carré de sa fréquence. Ainsi, pour une certaine sensibilité, les hydrophones capteront les sons de fréquence basse (sons graves) d'une source placée jusqu'à 100 km de leurs localisations tandis que les sources émettant des sons plus aigus (fréquence plus haute) devront être positionnées plus près pour être captés. Il existe toutefois des logiciels capables de compenser en partie l'atténuation de l'onde sonore mais ceux-ci sont encore expérimentaux et peu développés.

Les décibels marins :

Il est inconcevable de comparer des décibels marins et les décibels aériens tout simplement car ils sont calculés à partir d'une pression standard de référence différente. Pression standard : - eau : 1 µPa -air : 20 µPa

Ce qui fait que pour passer des décibels aériens aux décibels marins, il faut ajouter 60 dB.

De plus, pour réaliser des comparaisons sur différents sons, il faut savoir si l'on parle du son émis (dans ce cas c'est en réalité le son perçu à un mètre de la source) ou du son reçu. Il est aussi délicat de vouloir conclure sur les dommages créés sur les mammifères marins par des sons émis par l'homme car d'une part, on ne connait pas encore précisément leur seuil de douleur et d'autre part il est nécessaire de travailler sur l'anatomie de leur système auditif pour mieux comprendre comment le son va être perçu. Il s'agit actuellement d'une réelle thématique de recherche, motivée notamment par les échouages de certains cétacés à la suite d'essais de sonars militaires. Ce que l'on sait actuellement, c'est que toutes les espèces ne sont pas égales devant la puissance et la fréquence de ces sons : certaines (comme les zyphius par exemple) semblent être beaucoup plus sensibles que d'autres (comme les cachalots par ex.)

L'appareil auditif des mammifères marins :

Bien que similaire au notre, l'appareil auditif des mammifères marins a des particularités notamment dues à son adaptation au milieu aquatique. En effet, ce dernier possède un canal auditif

presque bouché, des osselets ankylosés (figure 5) ce qui fait que les perçus par ces espèces sont osseux.

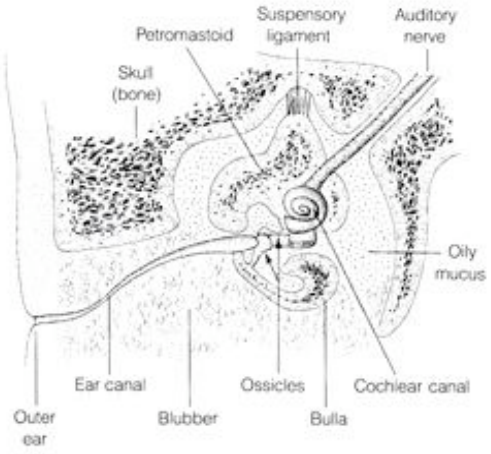


Figure 19: Shéma de l'oreille de cétacé.

1.3) Les sons émis par les cétacés

Chez Les cétacés (odontocètes et mysticètes) les échanges de signaux avec leur environnement se font principalement par contact visuel et par voie acoustique « (Dudzinski et al,2002) »
Ils émettent des sons dans tous les domaines vitaux, communication, cohésion du groupe, recherche de nourriture, alimentation coopérative, contact mère petit, reconnaissance individuelle, chasse, socialisation, pendant la reproduction, maintien d'un territoire, détection de prédateurs, de danger et pour l'orientation.

NOMS VERNACULAIRES	**NOMS SCIENTIFIQUES**	Intensité dB re 1µPa à 1m	Bande fréquentielle kHz
Baleine à bosse	*Megaptera novaeangliae*	144 – 174	[0.03 – 8]
Petit Rorqual	*Balaenoptera acutostrata*	170	[0.06 – 20]
Rorqual boréale	*Balaenoptera borealis*	175	[0.05 – 0.02]
Rorqual bleu	*Balaenoptera musculus*	179	[0.02 – 0.04]
Rorqual commun	*Balaenoptera physalus*	165	[0.03 – 0.750]
Baleine franche	*Eubalaenea glacialis*		
Cachalotra	*Physeter macrocephalus*	163 – 223	[0.100 – 30]
Cachalot pygmée	*Kogia breviceps*	180	[60 – 200]
Baleine à bec	*Hyperoodon ampullatus*	185	[1 – 200]
Orque	*Orcinus orca*	185	[0.500 – 120]

Belouga	*Delphinapterus leucas*	190	[1 – 120]
Globicéphale	*Globicephala melaena*	175	[0.01 – 150]
Marsouin	*Phocoena phocoena*	165	[2 – 200]
Lagenorhynque dauphin à bec blanc	*Lagenorhynchus albirostris*	170	[0.8 – 200]
Lagenorhynque dauphin à flancs blancs	*Lagenorhynchus acutus*	170	[0.8 – 200]
Dauphin bleu et blanc	*Stenella caeruleoalba*	175	[0.1 – 200]
Dauphin commun	*Delphinus delphis*	178	[0.1 – 200]

Figure 20: Bande fréquentielles des mammifères marins

On note une grande variabilité de sons entre les espèces mais également pour différents individus au sein d'une même espèce. Les cétacés émettent des sons très variés allant des **clics** (signaux transitoires) à des **vocalises** (signaux avec des fréquences) en passant par des sifflements, des grognements. Leurs intensités acoustiques peuvent atteindre plus de 200 dB.

Source : Joel Detcheverry

Quelques exemples de sons

- ✓ **Baleine à bosse** :

L'unité de base chez la baleine à bosse est un son continu qui représente une note d'une fréquence variable de 20 Hz à 10 KHz et dure 1 à quelques secondes.

L'être humain est capable de percevoir les sons entre 20 Hz et 20 KHz, ce qui fait qu'ils sont parfaitement audibles.

Roger Payne a démontré au milieu des années 80 que les sons émis par les mâles pouvaient être segmentés en une unité sonore (une vocalise entre 2 silences).

Les mâles chantent durant la saison des amours : grognements, sifflements, grincements, gémissement... À partir de l'organisation de quelques unités sonores, on peut mettre en évidence des "sous-phrases", puis des "phrases" et l'organisation de ces "phrases" définissent un thème pour le chant.

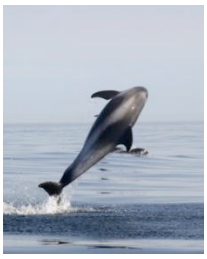
Il peut exister des centaines de sons différents chez ce cétacé, selon ces activités (nourrissage, reproduction, communication..). L'identification et la compréhension de ces sons sont encore en étude.

✓ **L'orque (épaulard)**

Source : Joël Detcheverry

Il a une gamme étendue de fréquence et de son,
Son répertoire se compose aussi bien de sifflements aigus,
de vocalisations courtes, de glapissement, que de clics pour l'écholocation.
C'est un animal qui a une bande fréquentielle très vaste de 0,500 à 120 KHz,
62 sons différents ont été identifiés, des basses aux hautes fréquences.

Il a été démontré que chaque famille d'odontocètes a son propre dialecte.



Source : Joël Detcheverry

✓ **Dauphins : (à changer la photo**

Les delphinidés émettent principalement deux types de sons, des sifflements variés, courts (inférieur à 1s) se situant entre 20 Hz et 200 kHz de fréquences pour la communication.
Ils utilisent les clics pour l'écholocation, pour rechercher leur nourriture et repérer les éléments autour d'eux. Ils ont la particularité d'avoir une signature acoustique qu'ils assimilent dès la naissance, mais sont capable d'imiter les sifflements des autres membres du groupe.

Source : internet

✓ **Cachalot**

Le cachalot est l'un des cétacés à n'émettre que des clics pour ses besoins vitaux. On peut en distinguer quatre en fonction de leur puissance, leur rythme et leur contenu fréquentiel.

- *Les Régulars clicks* sont émis pendant la plongée, avec un rythme d'ordre d'1 seconde, très puissants et directifs, qui servent à l'écholocation.
- *Les Codas* sont des clics peu directifs en séquences rythmiques émis par les femelles et les jeunes cachalots.
- *Les Creaks* sont des clics émis de plus en plus rapidement en diminuant d'intensité quand le cachalot chasse.
- *Les trumpets calls* sont des signaux courts, légèrement harmoniques.

Le cachalot ne reste pas longtemps à la surface, il peut plonger durant 30 à 110 minutes. Il chasse généralement entre 300 et 1000 m. Il est donc difficile de les suivre en plongée et de les observer.

✓ **Baleine bleue**

Source : internet

Les sons émis par la baleine bleue sont de basses fréquences, de forte intensité et donc peuvent atteindre un rayon d'une centaine de km. L'appel de fréquence de base varie entre 10 et 40 Hz et peut durer de 10 à 30 secondes. Les sons oscillent entre 155 et 188 dB.

✓ **Rorqual commun (à changer photo)**

Source :

Ce cétacé produit une grande variété de sons de 20 à 150 Hz. La majorité des vocalisations des rorquals communs enregistrées sont des Impulsions de fréquence de 20 Hz. La plupart des vocalises sont en modélisation de fréquence entre 16 et 40 Hz émis durant 1 à 2 secondes puis interrompu. Le rorqual commun peut émettre jusqu'à 165 dB.

Cette diversité de sons rend difficile l'accès et l'utilisation d'une seule chaîne d'acquisition (cf figure ..) pour l'enregistrement de plusieurs espèces.

En effet, tous les cétacés n'ont pas la même bande fréquentielle, il sera nécessaire d'employer une fréquence d'échantillonnage assez large afin de récupérer une variété de sons plus importantes. Par ailleurs, il est nécessaire de faire attention à ne pas saturer la mémoire et récupérer les données plus souvent. Régler le temps d'enregistrement de manière adéquate sera indispensable.

Par exemple si on veut avoir des sons de baleine bleue (Balanoptera musculus), l'utilisation d'un hydrophone de très basse bande passante [5-100 Hz] et d'une chaîne d'acquisition utilisant une fréquence d'échantillonnage de 250 Hz peut suffire.
Cela ne sera pas le cas si l'on souhaite enregistrer d'autres cétacés, comme le cachalot ou d'autres petits odontocètes.
La fréquence d'échantillonnage sera établie en fonction du protocole expérimentale

2) Utilisation de l'acoustique passive à Saint Pierre et Miquelon

Le projet acoustique de l'archipel a été mis en place afin de pouvoir détecter, identifier et localiser les cétacés qui viennent dans les eaux de l'archipel.

Saint Pierre et Miquelon est une zone où des milliers cétacés viennent s'alimenter et y passent durant leur route migratoire.

Utiliser l'acoustique passive va permettre la récolte de données supplémentaires sur les mammifères marins, complémentaires aux observations visuelles. L'analyse des enregistrements permet alors de connaître quelles sont les espèces de cétacés vocaux qui vont être présentes dans les eaux de l'archipel, suivant la période de l'année. Cette technique peut être utilisée à n'importe quel moment de la journée, quelque soit les conditions météorologiques. De plus, elle permet l'étude dans les régions difficiles d'accès ou non observées.

On pourra d'ailleurs confirmer la présence d'espèces déjà aperçues, et peut-être en découvrir de nouvelles.
Il sera, donc, nécessaire de décrire l'environnement acoustique sous-marin, le matériel et les méthodes utilisées. Enfin, une analyse des sons et enregistrements sera nécessaire.

2-1) Analyse de l'environnement acoustique :

Bruits ambiants

Beaucoup de bruits, d'origines diverses, se retrouvent dans l'océan, des bruits naturels et biologiques tel que le bruit des vagues, la pluie à la surface de l'eau, les sons émis par les poissons et les cétacés. Ils représentent de nombreuses sources de bruits naturels qui se propagent dans le milieu aquatique et vont créer un bruit de fond. (pour une revue voir : Richardson et al, 1995).

D'autres bruits du fait des activités humaines s'y ajoutent. Le bruit anthropique est notamment dû au trafic maritime, aux forages pétroliers situés non loin de l'archipel (site où) aux sonars des bateaux et à l'activité de la pêche ou encore aux différents outils utilisés pour l'exploration pétrolière.

Les bateaux font partie intégrante des bruits nocifs d'un enregistrement acoustique. Le trafic maritime a un niveau de fréquence se situant entre 5 Hz et 50 Hz, le bruit d'une hélice de bateau se situe entre 10 à 200 Hz, d'une puissance de 190 dB. Un canon à air va émettre à une intensité de 250 dB et à une fréquence entre 10 à 200 Hz.

source internet

Ceci peut engendrer de nombreux impacts sur les cétacés (physiques, sur la perception, comportemental..).

Le bruit ambiant va jouer comme un masque acoustique et il a été noté que certains cétacés modifiaient leurs vocalises en présence des ces bruits d'origine humaines (par exemples, les belugas dans le Golf du St Laurent). De plus, ces bruits seront donc présents dans les différents enregistrements réalisés. Ils vont venir dégrader ses enregistrements et rendre plus délicate l'extraction des sons émis par les cétacés. Le taux de fausses détection va augmenter et il sera nécessaire d'utiliser des seuils plus élévés ou d'avoir recours à des filtrages plus adaptés pour augmenter le rapport signal-sur-bruit.

Il faudra alors analyser le bruit de fond, naturel, biologique et anthropique afin d'avoir une signature acoustique pour chacun de ces phénomènes. Cette signature acoustique nous permettra de connaître et de mieux analyser les différents sons des cétacés

2.2) Analyse des sons

Lorsque les sons sont recueillis que ce soit grâce aux hydrophones fixes où portatifs, ils doivent être analysés. Ceci consiste à extraire des enregistrements les données intéressantes.

Extractions des données :

Le son récolté est tout d'abord un signal temporel (figure 1), c'est-à-dire qu'il représente les variations de pression en fonction du temps.

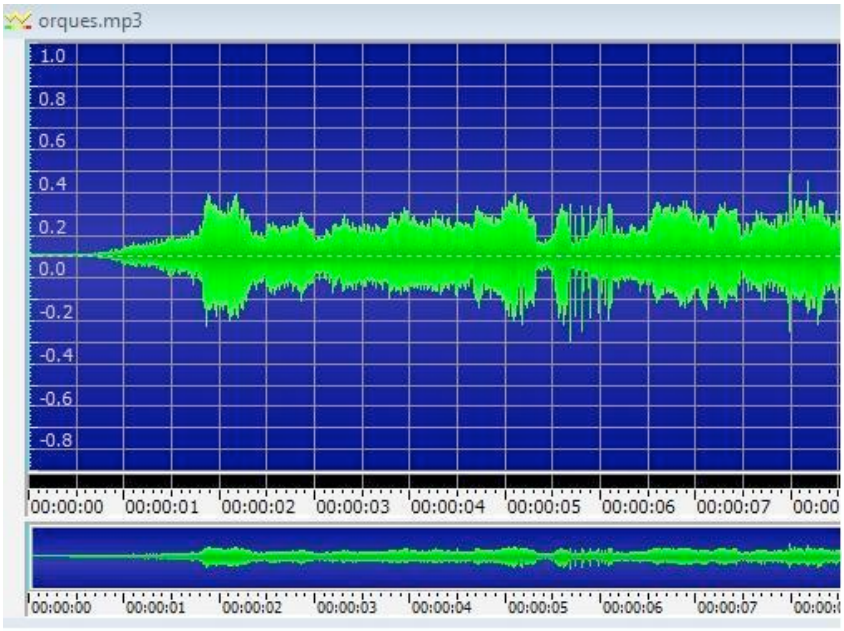
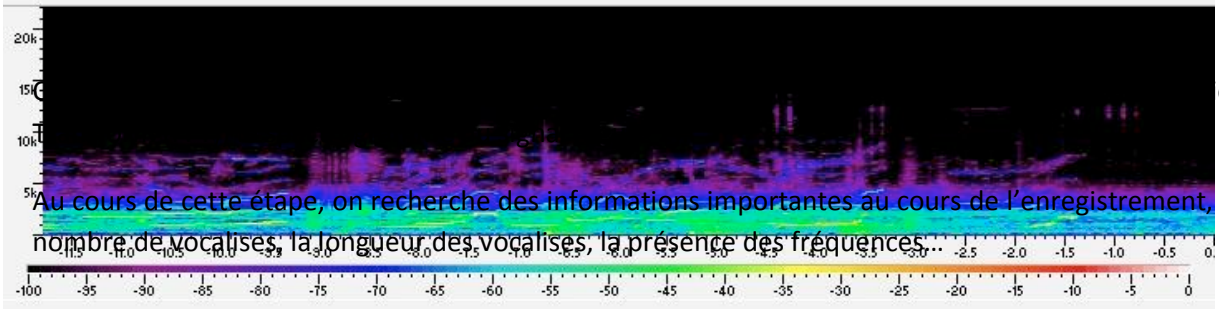


Figure 21: Aspect temporel d'un son émis par l'épaulard.

Ce signal est composé d'une multitude de fréquences qu'il convient de visualiser. En effet certains sons émis par les cétacés sont inclus dans une bande fréquentielle assez fine qui peut ainsi se révéler caractéristique et faciliter la reconnaissance du mammifère émetteur.

Pour arriver à visualiser les différentes fréquen
de prendre en compte l'hypothèse de Fourier pour qui tout signal continu et périodique est décomposable en une somme finie de sinusoïdes.

Soit g un signal sonore quelconque. La formule de Fourier est la suivante :
$g(t) = a_0 + \sum_{k=1}^{N} \mathrm{a_k} * \cos(\ \ w_{Ok}\, k\, t) + \sum_{l=1}^{N} b_l * \sin(l\, w_0\, t)$



er

Au cours de cette étape, on recherche des informations importantes au cours de l'enregistrement, le nombre de vocalises, la longueur des vocalises, la présence des fréquences...

Figure 22: Spectrogramme du son de la figure 21.

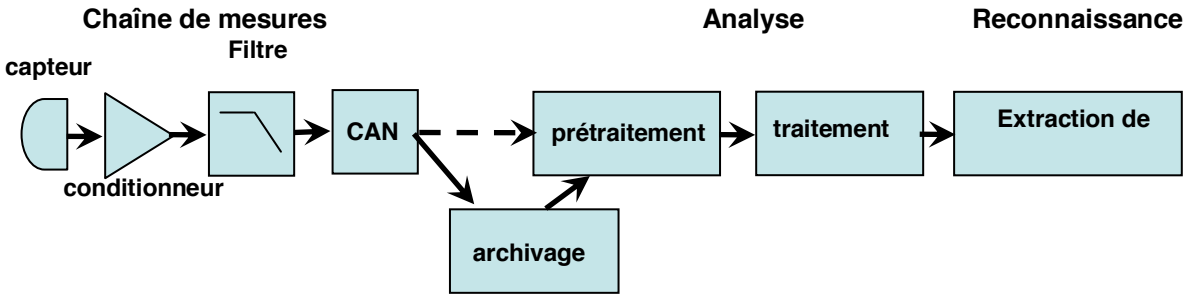
Les enregistrements étant obtenus depuis une embarcation maritime (figure 3), bien souvent les données ne sont pas trop abondantes et il est possible de les analyser manuellement.

Figure 23: Prise de son dans l'archipel de Saint Pierre et Miquelon.

Hydrophones fixes (AURAL) :

Ces appareils ont été conçus pour être mouillés pendant un temps relativement long, pouvant aller à plusieurs mois successifs. Ils permettent ainsi l'observation régulière et continue d'une certaine zone maritime.. Analyser ces signaux sonores manuellement serait un travail trop laborieux. C'est pourquoi des scientifiques et informaticiens (notamment Olivier Adam) travaillent à la réalisation d'une base de données des empreintes vocales des différents mammifères marins. De plus, un projet de détection automatique de « clics » a vu le jour, principalement basé sur l'algorithme de Schur. En ajoutant la base de données à cette technique, les fragments d'enregistrement intéressants pourront être repérés sans labeur.

2.3) Système d'acquisition des données :



Une chaîne

d'acquisition se compose d'un capteur (ici, un hydrophone), d'un convertisseur analogique-numérique (CAN, ici l'enregistreur Nagra). On place un filtre passe-bas en amont pour s'assurer de la bande fréquentielle que l'on souhaite observée et pour éviter le repliement dû à l'échantillonnage (il faut que la fréquence d'échantillonnage Fe soit supérieure au moins 2 fois de la fréquence maximale du signal que l'on souhaite enregistrer). Ensuite, l'enregistrement peut être archiver sur un disque dur ou être traité pour extraire les informations pertinentes que l'on recherche (par exemple, nombre de vocalises, espèces de cétacés présentes…).

2.4) Matériel et Méthode :

Deux hydrophones sont utilisés pour le projet du suivi des mammifères marins :

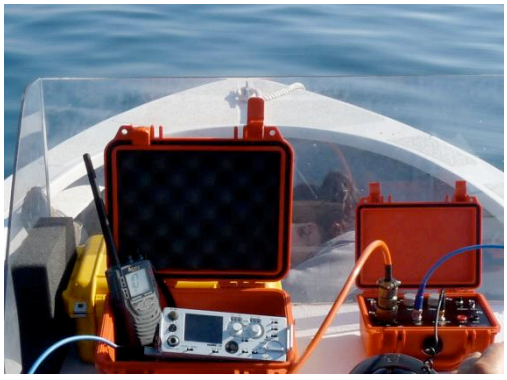
- un hydrophone portatif GP0280, ColmarItalia pour des observations instantanées ou de courtes durée à partir d'un bateau.
- deux hydrophones fixes pour des observations de longues durée, AURAL (Autonomous, Underwater Recorder for Acoustic Listening)

2-4-1) Colmaritalia :

Matériel :

L'utilisation de l'hydrophone portatif ne suit pas de protocole d'acquisition pour le moment, il n'est mouillé que s'il y a une observation visuelle de mammifères marins. Il permettra la récolte de données qui seront comparées à celle recueillies par l'AURAL.
La chaîne d'acquisition est composée de :

Un enregistreur numérique NAGRA LB, un hydrophone GP0280 de ColmarItalia avec son câble (50m), un amplificateur Colmar, un câble BNC-XLR qui relie l'amplificateur de l'hydrophone au Nagra (câble bleu) et un casque audio haute-fidélité.
.



Source : Morgane Detcheverry

Figure 24: Photographie du dispositif COLMAR

L'hydrophone utilisé est un GP0280 de ColmarItalia (société italienne). Il s'agit d'un hydrophone omnidirectionnel, de bande fréquentielle allant de 20 Hz à 90 Hz .Un poids de 2 kilogrammes a été rajouté sur le micro pour augmenter le lest et mieux contrer l'effet d'un éventuel courant ou une éventuelle dérive du bateau. Le câble d'une trentaine de mètres est utilisé en fonction de la

profondeur à laquelle l'appareil est mouillé, il est relié directement à l'amplificateur, permettant de régler le gain acoustique (la puissance du son) de l'enregistrement.

.

Source : internet

Figure 25: Nagra du COLMAR

Avant de mettre l'appareil à l'eau, quelques configurations sont nécessaires pour le bon fonctionnement de l'hydrophone.

On peut, au préalable, définir plusieurs Templates lors d'un enregistrement. Ce sont des modèles qui permettent d'enregistrer des données et de les modifier. Les données, dans notre cas, sont des fréquences d'échantillonnage et du codage.

La fréquence d'échantillonnage correspond au nombre d'échantillons effectués par seconde. Enregistrer avec une fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz permet de prélever 44100 échantillons par secondes. De même pour 96 kHz, 96000 échantillons par secondes vont être réalisés. Il conviendra que, pour 96 kHz, le disque sera remplit beaucoup plus vite qu'avec 44,1 kHz. Cela dépendra de ce que l'on veut faire et du protocole choisi.

Par conséquent, on utilise un codage binaire composé seulement de 0 et de 1 pour coder toutes ces valeurs.
On peut coder ces valeurs de plusieurs manières. Si l'on code sur 16 bits, cela signifie que l'on peut avoir des nombres qui vont de 0000 0000 0000 0000 à 1111 1111 1111 1111, c'est à dire en décimal de 0 à 2^17-1= 131071
Si on code sur 24 bits, ce sera beaucoup plus long, on va avoir des nombre de 0 à 2^25-1= 33554431

Mesurer en 24 bits sera plus précis puisque l'on va utiliser tous ces nombres pour coder une même échelle.
Tous les fichiers ont un format WAVE PCM, un procédé de numérisation des données audio sans compression.

2 templates ont été enregistrées lors des tests avant la mise à l'eau :
Template 1 : WAVE PCM 16 BIT MO 44,1 kHz
Template 2 : WAVE PCM 24 BIT MO 96 kHz

La Template 1 peut être suffisante pour un codage audio classique mais la Template 2 est plus intéressante et plus précise car c'est un codage en HD.

Dans certains cas on peut mettre un filtre passe bas, qui va permettre d'enlever toutes les fréquences qui sont supérieur à 20 kHz, en particulier pour les mysticètes. Il n'est donc pas nécessaire de l'utiliser quand il y a des odontocètes visibles ayant une fréquence très haute (jusqu'à 500 kHz).

Le Nagra fonctionne avec des piles ou avec un chargeur, la consommation de cet appareil est non négligeable, il ne faut donc pas oublier de recharger les piles avant d'aller en mer si on utilise des piles rechargeables ou d'avoir un jeu de pile sur soi.

Méthode :

Un test est nécessaire pour la bonne configuration du gain, pour régler le confort d'écoute du casque.

Lors d'un enregistrement, il ne faut pas que l'amplitude du signal soit trop faible (c'est-à-dire proche de 0) ou saturé (c'est-à-dire borné en haut et/ou en bas) (Fig. a). On dit qu'il faut conditionner correctement le signal (Fig. b). Dans notre cas, on ne considérera pas les bruits (impulsions très brèves) provenant de sources qui ne nous intéressent pas (genre des bateaux qui passent à proximité).

Il faut faire attention, pour les animaux sauvages, cette étape est délicate car il est difficile de prédire à quelle intensité ils vont émettre leurs sons. Il faut donc prévoir une phase de réglage en début d'acquisition, pour avoir le meilleur réglage de gain possible.

De plus, le gain doit être constant pendant toute la période d'enregistrement. Si à un moment, il faut modifier la valeur de ce gain (par exemple parce que le signal devient systématiquement saturé), il convient de stopper l'enregistrement en cours, de changer la valeur du gain, de la préciser sur un relevé de notes avec l'heure précise et de relancer l'acquisition.

Important : pour savoir si le signal est saturé, il faut lire l'afficheur LCD sur la façade avant du Nagra. La barre horizontale du haut (`L` pour left) a 3 couleurs : vert, jaune et rouge. Il s'agit de l'amplitude du signal que l'on enregistre. Il ne doit pas rester sur la partie verte ni sur la partie jaune = amplitude trop faible. Il doit venir sur la partie rouge, tout en faisant bien attention de ne pas saturer, c'est-à-dire que toute la barre soit allumée.

Dans les figures ci-dessous, "CAN" signifie "convertisseur analogique numérique". Dans ce document, il s'agit du Nagra.

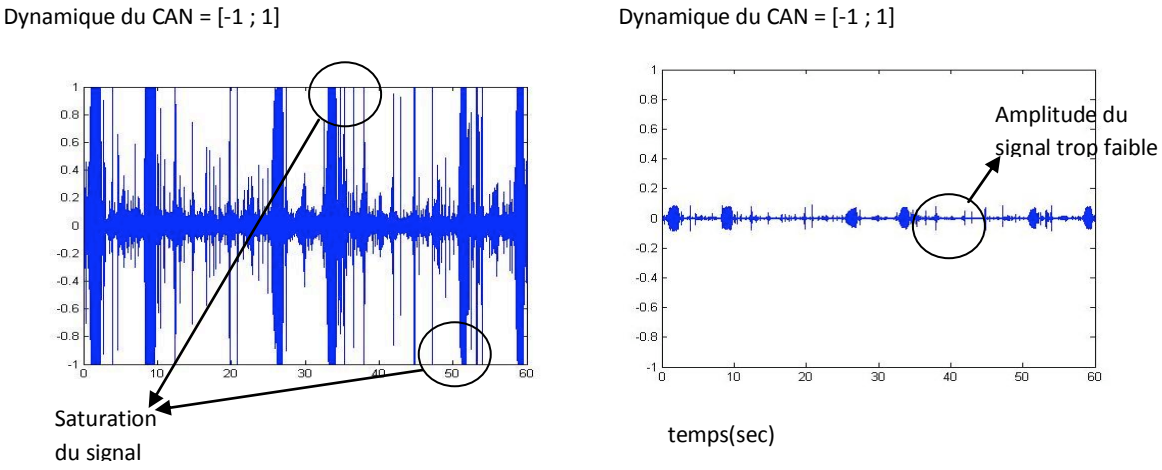


Figure 26: signaux mal conditionnés

a. Saturation (amplitude supérieure à +/- 1) b. amplitude trop faible

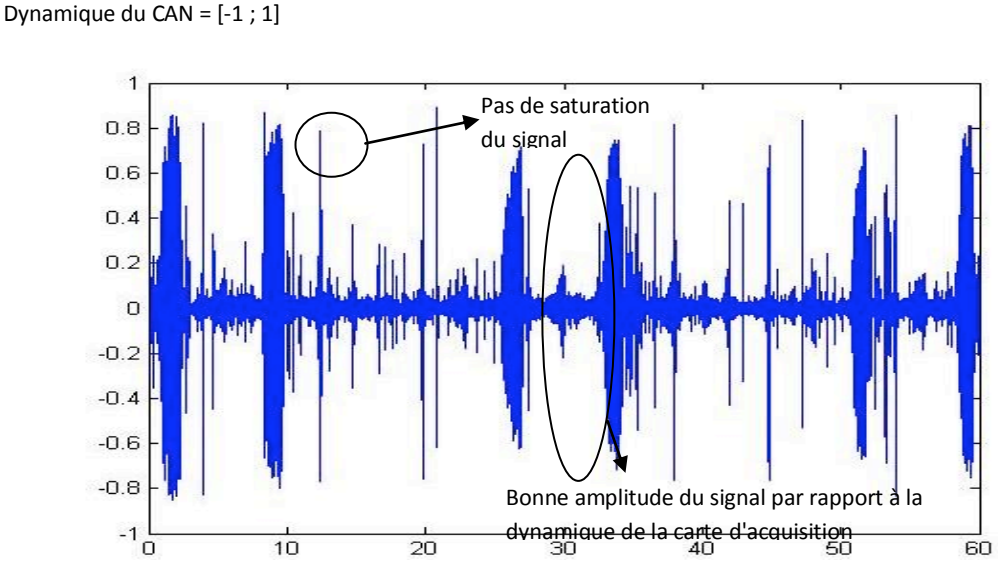


Figure 27: signal correctement conditionné

Si on augmente le gain ou s'il n'est pas suffisant (par exemple, parce que les cétacés sont trop loin ou que la puissance des sons qu'ils émettent est faible), il faut utiliser le gain de l'amplificateur du Colmar. Tout le signal enregistré par l'hydrophone sera amplifié y compris le bruit ambiant. Par conséquent, un enregistrement sera d'autant de qualité que le gain est faible.

Remarque : il y a donc 2 gains qui sont nécessaire à noter : le gain de l'ampli du Colmar (Fig. 5) et le gain du Nagra (bouton 13). L'oubli d'une de ces 2 valeurs nous empêchera ensuite de connaître la puissance acoustique des signaux enregistrés.

Recommandations :

Plusieurs recommandations sont à prévoir pour réussir un enregistrement. Tout d'abord il faut mouiller l'hydrophone au large afin de ne pas trop récupérer de bruits de fond. Le câble doit être plongé en touchant le moins possible la coque du bateau pour éviter d'enregistrer le bruit du frottement. Il est également nécessaire de faire attention à ce que le câble ne subisse pas la tension du bateau, dus aux mouvements de houle et des vagues.

Pour L'enregistrement, plus on sera proche d'un cétacé, plus les gains utilisés seront faibles et donc meilleur sera l'enregistrement.

Lorsque l'on immerge l'hydrophone, il est tenu de prendre les points GPS, la date et l'heure. Les observateurs doivent se munir d'un carnet de note dans lequel il mettront d'éventuelles observations et commentaires (conditions météorologiques, présence de bateau, positions…). On pourra faire également un descriptif de ce qu'on entend via le casque audio, les bruits des bateaux, les sons des cétacés si on peut les distinguer.

Les fichiers seront enregistré en wave, il faudra bien indiqué la date (jour, heure et minute) de début d'enregistrement, les gains utilisé.

2-4-2) AURAL –M2 :

L'AURAL-M2 (Autonomous Underwater Recorder for Acoustic Listening), Model 2. Cet appareil est un système autonome qui enregistre automatiquement les sons sous-marins, pouvant s'échelonner sur une période de plusieurs mois. Sa composition est alors prévue en conséquence afin de minimiser sa consommation électrique.
L'AURAL-M2 est une évolution de l'AURAL-M1. Ce model 2 offre la possibilité de repousser dans le temps le début d'une séquence d'enregistrement, de configurer l'appareil afin que le premier enregistrement débute à une date précise. Cependant, l'AURAL-M2 peut fonctionner selon le mode AURAL-M1, il permet d'utiliser l'hydrophone de manière continu.
Par conséquent, l'AURAL-M2 va éviter d'accumuler des données non désirées et prolongera la durée de vie des batteries.

2-4-2-1) Matériel :

L'AURAL-M2 se compose en trois parties, la tête de l'appareil, une section électronique et une autre pour les batteries.

L'hydrophone se situe au niveau de la tête de l'appareil, il est installé sur un couvercle en acier inoxydable, protégé par des barreaux recourbés. Celui-ci est relié à l'appareil grâce à un dummy (câble électrique et connecteurs) sous-marin. Une anode sacrificielle en zinc le protège de la corrosion, deux autres sont répartis le long de l'appareil pour avoir une meilleure protection.

La section électronique se divise en plusieurs parties (voire Annexe 3) On y trouve différents paramètres à configurer, le gain, le mode de l'AURAL, les différents boutons de contrôle (RESET, START/STOP/SYNC).
La sonde de pression, située à l'intérieur de l'appareil, permet de calculer la profondeur à laquelle l'hydrophone est plongé (ces données sont mesurées en début d'enregistrement et apparaissent dans l'en tête de chaque fichier).
L'appareil a été conçu de manière à fonctionner avec des disques dur de tailles différentes, selon les besoins du client. Une carte mémoire compactFlash est installée directement dans le circuit imprimé de l'appareil. C'est une mémoire temporaire où s'inscrivent les données relatives à l'enregistrement de l'hydrophone avant d'être transférées sur le disque dur. On peut grâce à ce dispositif, faire une économie d'énergie pour que l'appareil puisse fonctionner le plus longtemps possible avec le moins de batteries.

La boîte de contrôle permet une synchronisation des paramètres du logiciel (AURAL Setup) avec l'appareil. Trois synchronisations sont possibles, une synchronisation RTC/PC, une synchronisation manuelle et une synchronisation contrôlée par un appareil externe. Seule la synchronisation RTC/PC n'utilise pas la boîte de contrôle. Les synchronisations seront détaillées dans le paragraphe sur la configuration des paramètres.

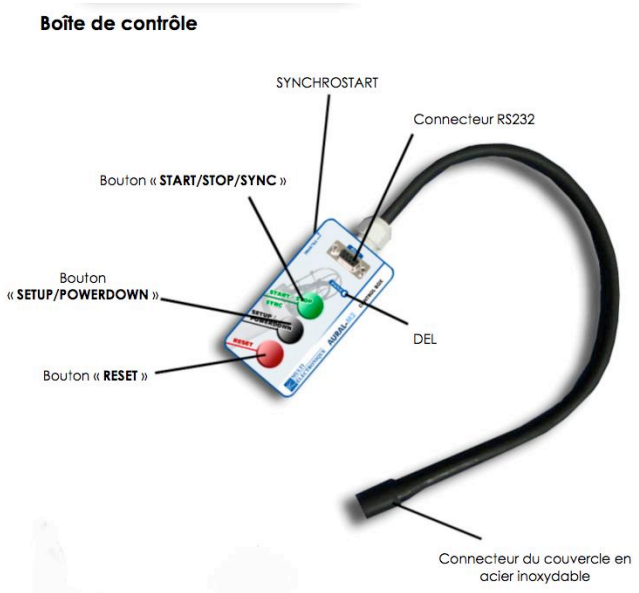


Figure 28: Boîte de contrôle de l'AURAL

L'appareil utilise des piles de format D. La quantité requise de piles diffère selon la version de l'appareil (16, 64 ou 128 piles). La section des batteries dépend de la version demandée.

Figure : AURAL crédit : image extraite du manuel d'utilisation Version 3 AURAL-M2

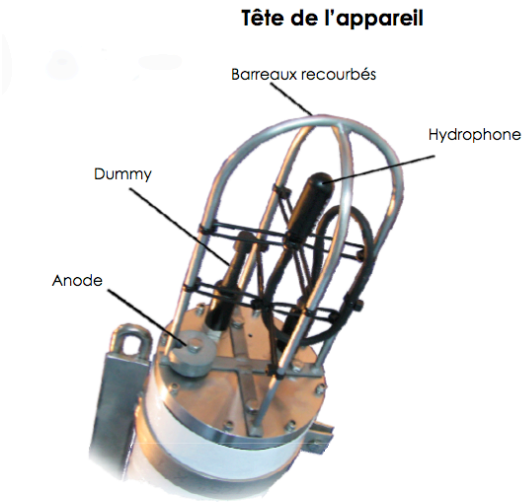


Figure 29: Tête de l'appareil de l'AURAL.

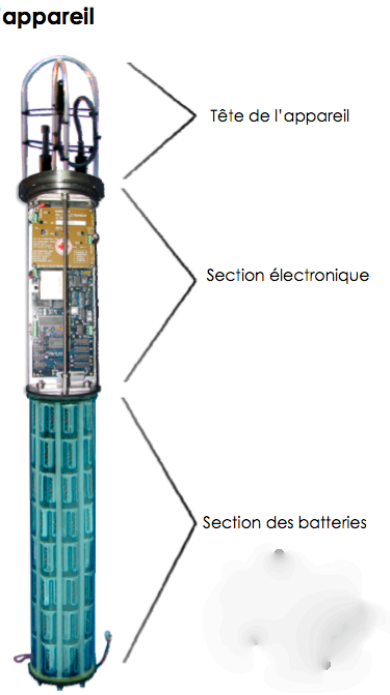


Figure 30: AURAL

Source : image extraite du manuel d'utilisation Version3 AURAL-M2

	128	64	16
Longueur	178 cm (70 po)	120 cm (47 po)	90 cm (35 po)
Poids (incluant batteries)	49 kg (109 lbs)	32 kg (71 lbs)	20 kg (45 lbs)
Poids sous l'eau (incluant batteries)	21 kg (46 lbs)	14 Kg (30 lbs)	9 kg (20 lbs)
Capacité des batteries	328 Ah	164 Ah	41 Ah
Boîte de transport	21 kg (46 lbs)	16 kg (35 lbs)	-

Figure 31: Les différentes versions d'AURAL (16,64,128 piles).

Nous avons commandé la version de l'AURAL à **128 piles** car le nombre de batteries influence la durée de déploiement. Plus il y aura de batteries et plus l'appareil pourra enregistrer longtemps sous l'eau.

Fréquence d'échantillonnage (mode continu)	Capacité totale d'enregistrement (en jour)		Durée de vie des batteries (en jour)		
	320 GB	640 GB	128	64	16
32 768 Hz	61	121	243	121	30
16 384 Hz	121	243	262	131	33
8 192 Hz	243	485	273	136	34
4 096 Hz	485	971	279	139	35
2 048 Hz	971	1 942	282	141	35
1 024 Hz	1 942	3 884	283	142	36
512 Hz	3 884	7 767	285	142	36
256 Hz	7 767	15 534	285	143	36

Figure 32: Capacité totale d'enregistrement(en jour) en fonction de la fréquence d'échantillonnage et la version de piles.

Plus la fréquence d'échantillonnage sera élevée et plus la mémoire sera saturée rapidement. On peut voir sur le tableau précédent qu'il faudra 121 jours pour saturer la mémoire de 640 GB à une fréquence d'échantillonnage de 32kHz, et 2 fois plus de jours pour une fréquence d'échantillonnage 2 fois moins grande. Ensuite, ce sont les batteries qui vont limiter l'utilisation. C'est pour éviter cela, qu'utiliser une version à 128 piles est conseillé si on veut laisser l'AURAL pendant une longue période, et échantillonné en haute fréquence.

Caractéristique de l'AURAL :

Général	
Voltage d'alimentation	12VDC nominal (9VDC à 15VDC)
Profondeur testée	300 mètres
Température à l'utilisation	0 °C to 40 °C
Matériel du boîtier	Acier inoxydable 316, Delrin, Fibre de verre Epoxy
Matériel de l'anode	Zinc
Section Analogue	
A/D	16 Bits
Filtre	Passe bas à fréquence programmable du 8e ordre (Anti Aliasing)
Amplificateur	Amplificateur à bas niveau de bruit avec choix de gain de 16, 18, 20 et 22dB
Sonde de pression	0 à 1000 psi (0-682 m.) (**résolution:** 1,3 cm, **affichage:** 0,1 m, **précision de** +/- 0,25 % max)
Sonde de température	-10 °C à 40 °C (**résolution:** 0,0625 °C, **affichage:** 0,1m, **précision de** +/-0,5°C)
Hydrophone	HTI-96-MIN
Plage de fréquence utilisée	10 à 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16 384 Hz
Section Digitale	
MCU	33 MIPS Dallas DS89C450 Microcontrôleur Flash à ultra haute vitesse
Capacité & Type de mémoire flash	Compact Flash 1 GB ou plus
Capacité du disque dur	2,5 inches pouces, 320 GB ou plus
Vitesse de transmission des données du disque dur	1.5 MB/Sec
Base de temps	Basse puissance 32,768 KHz TCXO avec +/- 2ppm d'exactitude
Communication	RS232 (38.4 Kbs, N, 8, 1)
Format du fichier système	FAT32
Format du fichier audio	WAV
Fréquence d'échantillonnage	256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16 384, 32 768 échantillons/seconde

Figure 33: Spécification de l'AURAL.

2-4-2-2) Méthode :

Configuration des paramètres :

Deux logiciels sont livrés avec l'AURAL, un logiciel qui permet de configurer l'appareil, en lui envoyant les informations concernant les paramètres d'enregistrements désirés. (AURAL Setup)
L'autre logiciel, InfoWav est utilisé à la suite d'une immersion, il extrait les informations contenues dans les en-têtes de fichiers WAV enregistrés.

- ✓ Fréquence d'échantillonnage :

La fréquence est sélectionnée à l'aide du logiciel AURAL Setup avant de la transmettre à l'appareil. Celui ci s'ajustera en conséquence pour échantillonner selon les besoins.

Fréquence d'échantillonnage	Fréquence de coupure (Hz)		Plages de fréquence utilisée (Hz)
	V≤ 3.2	V≥ 4.0 ou avec modif.	
32,768	20,000	15,000	10 - 16,384
16,384	10,000	7,500	10 - 8192
8192	5,000	3,750	10 - 4096
4096	2,500	1,875	10 - 2048
2048	1,250	937	10 - 1024
1024	625	469	10 - 512
512	312	234	10 - 256
256	156	117	10 - 128

Figure 34: Configuration de fréquence d'échantillonnage.

Chaque fréquence d'échantillonnage correspondra à une plage de fréquence (Hz) précise. Le filtre passe-bas rajouté (colonnes du milieu) est utilisé pour s'assurer que la fréquence maximale des signaux enregistrés ne dépassera la moitié de la fréquence d'échantillonnage.

- ✓ Gain

Il est possible d'ajuster le gain de l'amplificateur de l'hydrophone selon le niveau sonore recherché. La configuration se fait à l'intérieur de l'appareil au niveau de la partie électronique (cf annexe), les quatre valeurs de gains (16, 18, 20 et 22 dB) correspondent chacun à un Jumper (une broche).
La valeur du gain permet d'augmenter ou de diminuer l'amplitude des enregistrements. Cette valeur est délicate à choisir car il va falloir trouver un compromis entre un gain important pour enregistrer

des sons les plus faibles ou émis par des cétacés plus éloignés de l'hydrophone et une valeur de gain raisonnable pour ne pas saturer les enregistrements (y compris par le bruit ambiant de la zone).

- ✓ Mode AURAL

Le mode de l'AURAL doit être choisi au début de la manipulation. On peut choisir soit l'AURAL M1 ou l'AURAL M2. Le mode AURAL M2 est plus intéressant dans notre cas car il donne la possibilité de repousser dans le temps le début d'une séquence d'enregistrement. Il permet également de commencer un enregistrement à une date et heure précise ainsi que la durée d'un enregistrement. Comparé au mode AURAL M1, l'AURAL M2 est bien plus performant que l'ancienne version. Celle ci enregistre de manière continue et perd des enregistrements de courte période pendant le transfert de la carte CompactFlash au disque dur.

- ✓ Synchronisation des paramètres

L'AURAL utilise une horloge RTC (RealTime Clock) pour conserver la date et l'heure courante.
Trois méthodes de synchronisation des paramètres sont possibles.
La synchronisation RTC/PC est une méthode de synchronisation où l'appareil utilise l'horloge de l'ordinateur au moment où on veut transmettre certaines informations à l'AURAL.

La synchronisation manuelle utilise la boîte de contrôle et le logiciel AURAL Setup. Les informations saisies seront envoyées à l'appareil dès qu'on les transmettra. Cependant, l'appareil attendra un signal de synchronisation fait manuellement à l'aide du « SYNC » de la boîte de contrôle. Cette méthode n'est pas très précise car elle dépend des réflexes de l'utilisateur.

La synchronisation contrôlée par un appareil externe (GPS) ressemble à la synchronisation manuelle mais celle ci utilise un dispositif pour synchroniser le RTC de l'appareil, au lieu des réflexes de l'utilisateur. Cette méthode est la plus précise la synchronisation du RTC du AURAL se fait avec une source fiable.

- ✓ Section Système d'opération

1. La fréquence

On peut choisir la fréquence d'échantillonnage grâce au logiciel, il ne faut pas oublier que celle-ci doit être au moins le double de la fréquence maximale contenu dans le signal que l'on souhaite enregistrer. La fréquence sélectionnée va influencer la durée de chaque enregistrement.

2. Le Réveil

Le réveil correspond à l'instant où l'appareil va commencer son premier enregistrement de données. La date inscrite (mois, jour, heure, minute) doit correspondre à celle souhaitée pour débuter l'enregistrement. Cette possibilité est intéressante afin de ne pas commencer à enregistrer pendant la mise à l'eau de l'instrument, ni lorsque le bateau utilisé pour cette mise à l'eau est encore présent sur les lieux. Raisonnablement, on peut commencer à enregistrer quelques heures après le début des manœuvres de mise à l'eau, voire le lendemain si l'on ne veut se laisser une marge de manœuvre.

3. Option en continu

Si cette option est en mode continu, le nombre de cycle et la durée des enregistrements ne pourront plus être modifiés. Dès son réveil, l'AURAL va se mettre à enregistrer un fichier sans s'arrêter jusqu'à ce qu'il atteigne la taille du fichier désirée. Une fois que le disque dur sera plein, il y aura un arrêt dans les enregistrements.

4. Durée Cycle

Ce mode implique que l'appareil va se réveiller à la date prévue, enregistrer le nombre d'échantillons demandés, les sauvegarder et retourner en mode veille jusqu'au prochain cycle. Il est nécessaire d'indiquer la durée totale du cycle. Pour cela il est préférable de prendre en compte le transfert des données.

Temps du cycle = Enregistrement + Transfert des données + Mise en veille
Transfert des données (secondes)= Taille du fichier (Mo) / 1,5 Mo/sec

5. Temps par enregistrement

Ceci correspond au temps désiré pour un enregistrement. Cette donnée déterminera le nombre d'échantillons que l'on obtiendra en tenant compte de la fréquence sélectionnée. Il sera nécessaire de prendre en compte la durée du cycle pour déterminer la durée d'enregistrement.

6. Taille du fichier

L'utilisateur doit saisir la taille du fichier d'enregistrement désirée en Mégaoctets. Ceux ci dépend du format CompacFlash. Par ailleurs, la taille du fichier inscrit influencera le maximum de temps par enregistrement.

✓ Section Résultat

Les résultats compilés à l'aide des données saisies par l'utilisateur sont affichés dans cette section. Ces informations peuvent être utile pour évaluer les paramètres d'opération de l'étude.
La durée d'enregistrement, durée d'opération, la date de fin d'opération et autres sont des paramètres à prendre en compte car ils donnent beaucoup d'informations sur l'AURAL. Ces paramètres seront expliqués dans le glossaire.

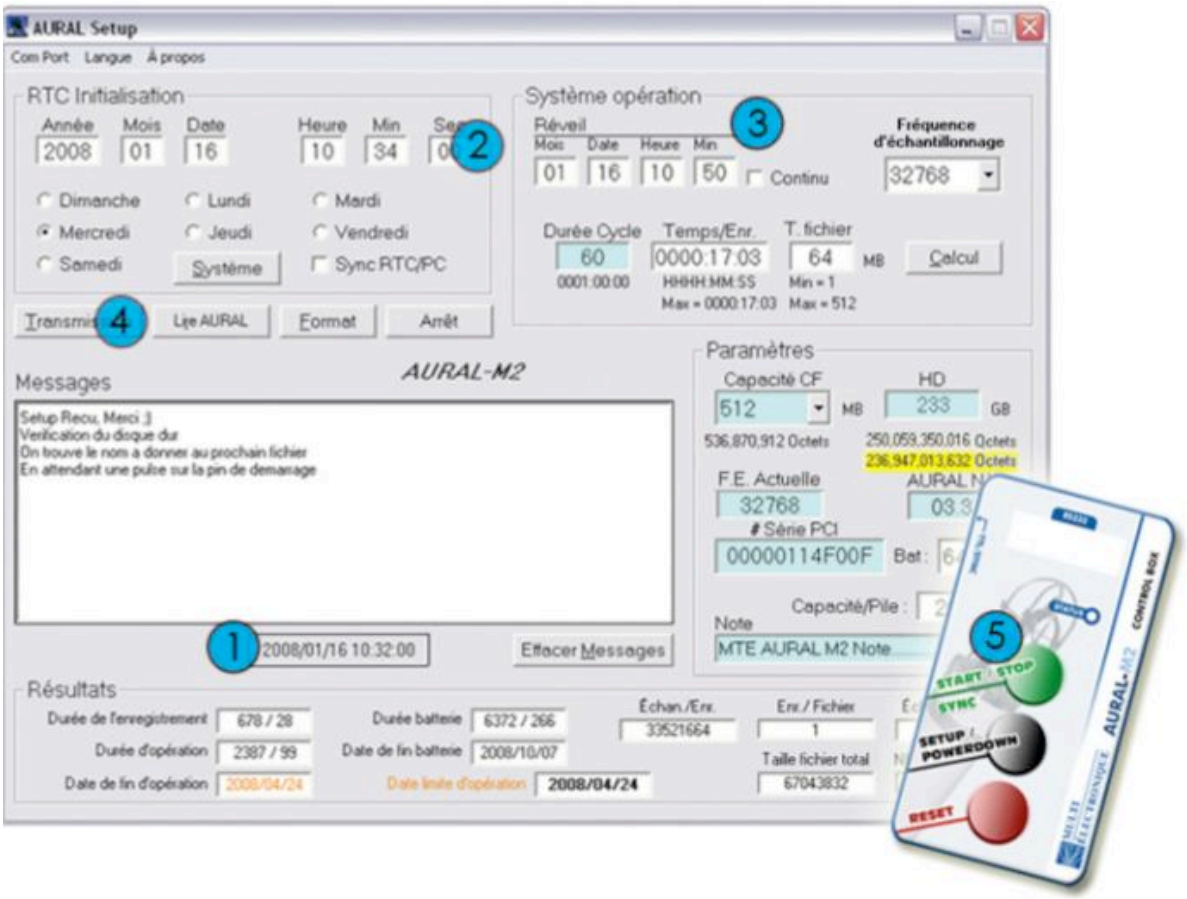


Figure 35: Exemple de logiciel AURAL Setup.

2-4-2-3) Mise en place de l'expérimentation

Le projet a été mis en place grâce à la rencontre d'Olivier Adam, lors de la conférence SMM (Society of Marine Mammals) à Québec l'année dernière. Une demande de financement du ministère de l'environnement a été demandée par la suite, pour effectuer ce projet dans les plus brefs délais. le calendrier initial prévoyait un déploiement en mai lorsque les baleines à bosse arrivent dans la zone. De plus, les premiers résultats auraient pu être analysés courant juillet permettant ainsi un

possible redéploiement en août voire en septembre pour observer le déplacement de ces individus. Malheureusement, plusieurs causes ont suscitées un retardement de tel sorte que le matériel a finalement été déployé en août.

Plusieurs objectifs contribuent à la mise en place de ce projet. Dans un premier temps, ce projet participe au recensement des espèces présentes dans les eaux de l'archipel de Saint Pierre et Miquelon grâce à l'écoute des sons des différents cétacés.

Dans un deuxième temps, il est nécessaire de se focaliser sur certaines espèces, qui présentent des particularités du fait de leur discrétion, d'un manque d'informations.
Enfin, ce projet aide à la mise en place d'un observatoire permanent dont l'objectif est d'assurer différentes observations (visuelles, acoustique et par balise).

Olivier Adam fait partie intégrante du projet d'acoustique passive des mammifères marins à Saint Pierre et Miquelon. Il a effectué une mission sur Saint Pierre pendant 5 jours pour nous aider à mieux maîtriser l'hydrophone portable acheté (COLMAR) et de prendre connaissance du terrain.
Avant de faire des enregistrements avec l'hydrophone portable, il a fallu faire quelques tests pour configurer les Templates (décrits dans le chapitre précédent) et s'assurer que l'ensemble de la chaîne d'acquisition fonctionnait correctement.

Nous avons réalisé 4 sorties en mer, deux par jour. Les conditions météorologiques ont été différentes durant les deux jours. Ces sorties ont été nécessaires afin de mieux connaître les bruits ambiants que l'on pourrait enregistrer avec les AURAL. De plus, nous en avons profité pour faire des essais de matériel en présence de mammifères marins.

Il a été enregistré à peu près une heure d'enregistrement avec l'hydrophone COLMAR soit 12 fichiers pour un total de 720 Mo. Mais rien encore ne peut être analysé et approfondi par les scientifiques. Olivier Adam a mis en doute possible l'activation du filtre anti-repliement disponible au niveau du Nagra. Il est actuellement en relation avec le vendeur distributeur Nagra France pour avoir une aide technique à ce sujet.

Les AURAL sont arrivés fin juillet, et ont été mouillé fin août grâce à l'aide de Tara Stevens, une étudiante américaine travaillant sur les orques, sous l'autorité de Jack Lawson. Elle est venue à Saint Pierre pour configurer les hydrophones. Une présentation de quelques enregistrements autour de Terre Neuve sera très brièvement étudiée afin d'illustrer les objectifs visées par l'installation d'hydrophones à Saint Pierre et Miquelon.

Ce projet s'appuie sur l'active participation de nombreux scientifiques canadiens et français. Ces scientifiques sont très intéressés par l'investissement de Saint Pierre et Miquelon dans l'observation visuelle et acoustique des cétacés.

2-4-2-4) Protocole expérimental :

Objectif :

- ✓ Déterminer la présence/absence des mammifères marins dans le rayon d'écoute de l'hydrophone.
- ✓ Identifier des espèces rarement observées, ainsi que des nouvelles.
- ✓ Caractériser certains paramètres et les contrôler (bruits ambiants, courant, météo...)

2-4-2-4-1) Paramètres à configurer :

1. **Fréquence d'échantillonnage** : 32 kHz, correspond à une plage de fréquence de 0 à 16 kHz. On pourra enregistrer des sons de basses, médium et haute fréquence. Cette large bande de fréquence va permettre de capturer des vocalises de différentes espèces de cétacés.

2. **Réveil** : Premier enregistrement : 19 août à 17h pour les deux hydrophones afin de pouvoir comparer les données enregistrées au même moment.

3. **Durée cycle** : Chaque cycle sera répété jusqu'à ce que le disque dur soit plein. Entre chaque enregistrement, l'AURAL va se mettre en pause pendant quinze minutes. Durée cycle total est de 60 minutes.

4. **Temps d'enregistrement** : 45 minutes par heure pendant 24/24h chaque jour consécutif (jour et nuit) soit 18 heures par journée.

5. **Taille des fichiers** : les fichiers audio sont enregistrés directement dans le disque dur de 320 GB de l'AURAL sous format WAV. Chaque fichier aura une capacité de 256 MB.

6. **Gain utilisé** : il préférable de prendre 22 dB afin d'avoir une meilleure amplitude du son enregistré car nous voulons seulement connaître la présence ou l'absence des mammifères marins.

Figure 36: Configuration AURAL.

Source : Morgane Detcheverry

Nous n'allons pas utiliser de filtre pour réduire le bruit de fond, car son utilisation pourrait engendrer une perte de vocalises des mammifères marins.

Les deux hydrophones seront configuré de la même manière, afin d'utiliser une large bande de fréquence et d'enregistrer des espèces différentes. Il sera également plus facile de comparer directement les enregistrements effectués.

2-4-2-4-2) Aire d'étude

Plusieurs tests d'enregistrements on été effectués autour de Saint Pierre et Miquelon avec l'hydrophone portatif (COLMAR) dans le but de comprendre son fonctionnement et d'avoir un complément de l'observation visuelle.

Deux hydrophones fixes (AURAL) vont être utilisés cette année pendant une durée de 3 mois. Celle-ci s'étendra du 19 août au 2 Novembre. Ils vont être positionnés à deux endroits différents, un dans le nord Miquelon et un dans le sud de Saint Pierre.

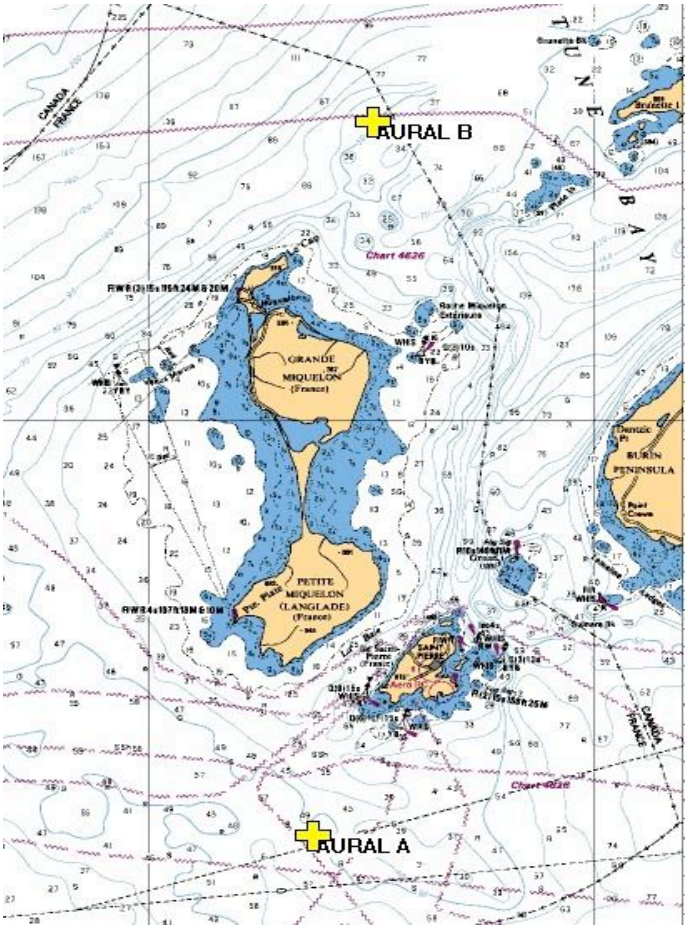


Figure 37: Position des hydrophones de l'archipel en fonction des données GPS connues.

Postions exactes des hydrophones :

AURAL A : Sud ouest Saint Pierre : N46°62666, W56°30667
AURAL B : Nord Miquelon ?

Les deux hydrophones sont mouillés selon plusieurs paramètres fixés :

- L'emplacement des hydrophones en fonction du passage des mammifères marins et des coordonnées GPS connues.
- Un manque d'observateur dans le nord de l'archipel.
- la plage de référence à utiliser pour l'écoute des mammifères prédéfinis par le protocole.
- La position des hydrophones canadiens.
- Selon l'étude des courants marins et la profondeur marine.

2-4-2-4-3) Moyen mis en œuvre :

Nous avons attendu la venue de Tara Stevens, une scientifique canadienne travaillant sur les orques, pour nous aider à configurer les AURAL. Il a fallut configurer tous les paramètres nécessaires (fréquence, temps d'enregistrement…) et ajouter les piles pour la mise à l'eau de l'hydrophone.

Une embarcation « l'Askatsuna » en file glace, long de 7 mètres et équipé d'un moteur hors bord a permis d'emmener en mer tous le matériel nécessaire à la mise à l'eau de l'hydrophone. Un GPS a permis de nous rendre aux positions précisées par le protocole scientifique.

Une plate forme en bois a été installée sur le bateau afin de faciliter la mise en place de l'expérimentation et de poser l'encre de 150 kg.

2-4-2-4-4) Mise à l'eau :

Le mouillage des deux hydrophones s'est déroulé en deux fois. Une partie le matin dans le sud ouest de Saint Pierre et l'autre, l'après midi dans le nord de Miquelon.

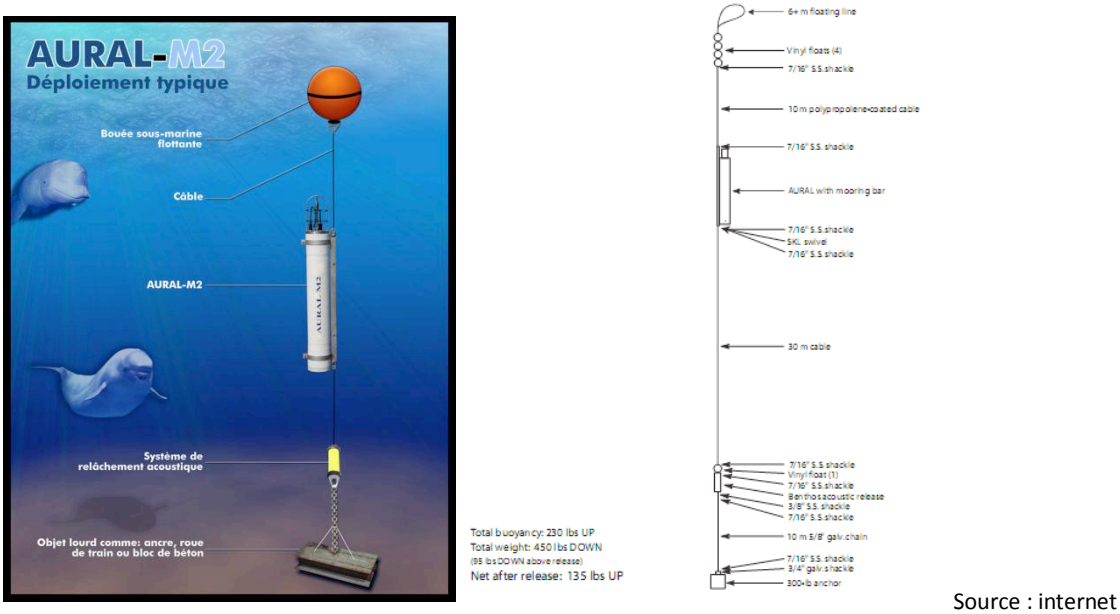
Un hydrophone peut être mouillé selon différentes méthodes, en fonction de la taille de l'embarcation utilisée. Au vu de la taille de notre embarcation, nous avons dû procéder par étape.

Source : Morgane Detcheverry

Figure 38: Mise à l'eau de l'AURAL.

Le matériel nécessaire pour la mise à l'eau est assez complexe :

Une encre de 150 kilogramme est utilisée pour maintenir l'AURAL au fond de l'océan. Une chaine de 10 mètres de long sert de support entre le détacheur acoustique et l'encre puis 30 mètres de câble sépare le détacheur acoustique de l'AURAL. Des bouées sous marines flottantes sont également installées lors de la mise à l'eau de l'appareil. Celles ci vont permettre de récupérer l'hydrophone.



Source : internet

Figure 39: Matériel nécessaire pour la mise à l'eau de l'AURAL-M2.

2-4-2-4-5) Précaution :

Il faut penser à ne pas mettre les hydrophones dans un courant marin afin d'éviter un souffle permanent sur les enregistrements dû à l'écoulement de l'eau sur l'hydrophone. De plus, les AURAL ont été choisis pour être mis au fond et s'affranchir des inconvénients d'avoir une bouée en surface (vent, houle, vague, pluie, neige …).

L'équipement servant au mouillage de l'hydrophone doit être silencieux. Il faut prévenir tout bruit de chaine ou de frottement possible.

2-4-2-4-6) Récupération des données :

L'AURAL va être mouillé pendant trois mois, celui-ci va être récupéré grâce à largueur acoustique (système de déclenchement automatique pour libérer le matériel de son encre). L'onde acoustique est émise par un appareil en surface ; il va déclencher un mécanisme automatique qui va décrocher le détacheur acoustique de la chaine. L'AURAL sera alors libéré et remonté par les flotteurs. À chaque fois que l'on récupère les données, la chaine et l'encre reste dans l'eau, il faut alors les renouveler si l'on veut refaire un nouveau déploiement.

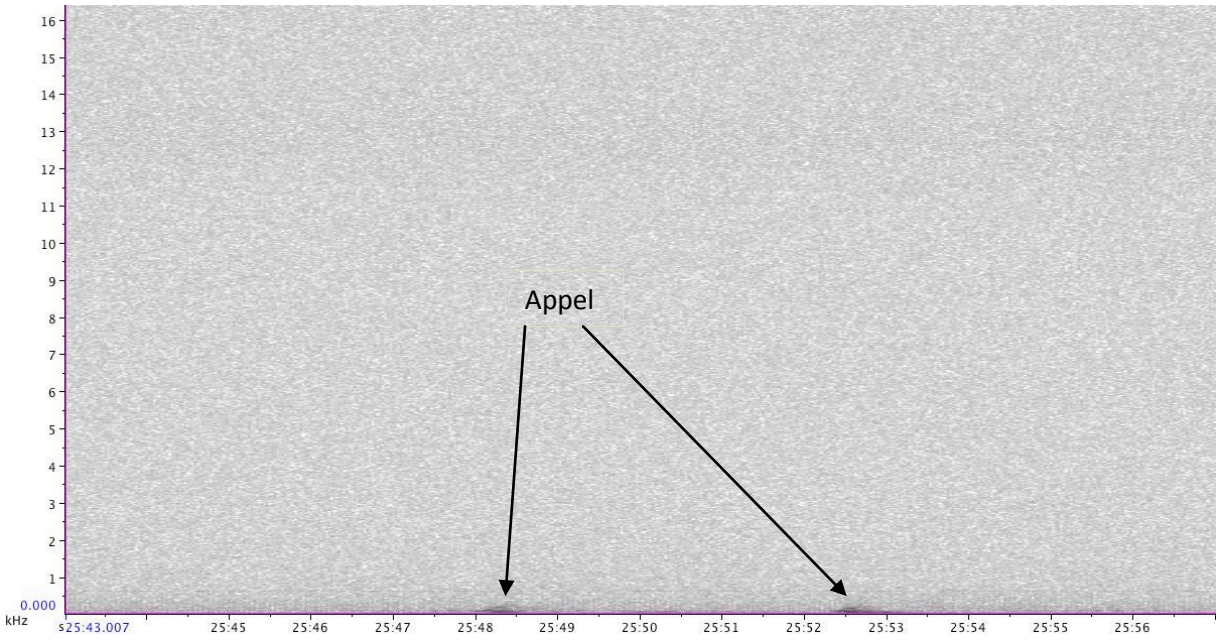
.

Prendre photo de la boîte noir et détacheur acoustique

2-4-2-5) Exemple de sons enregistrés au canada :

Grâce au partenariat avec Olivier Adam, Tara Stevens et Jack Lawson, nous avons recueilli quelques types de vocalises de sons caractéristiques de ceux enregistrés avec un AURAL. Les sons de rorquals communs et des orques proviennent d'AURAL installé autour de Terre Neuve.

fréquence

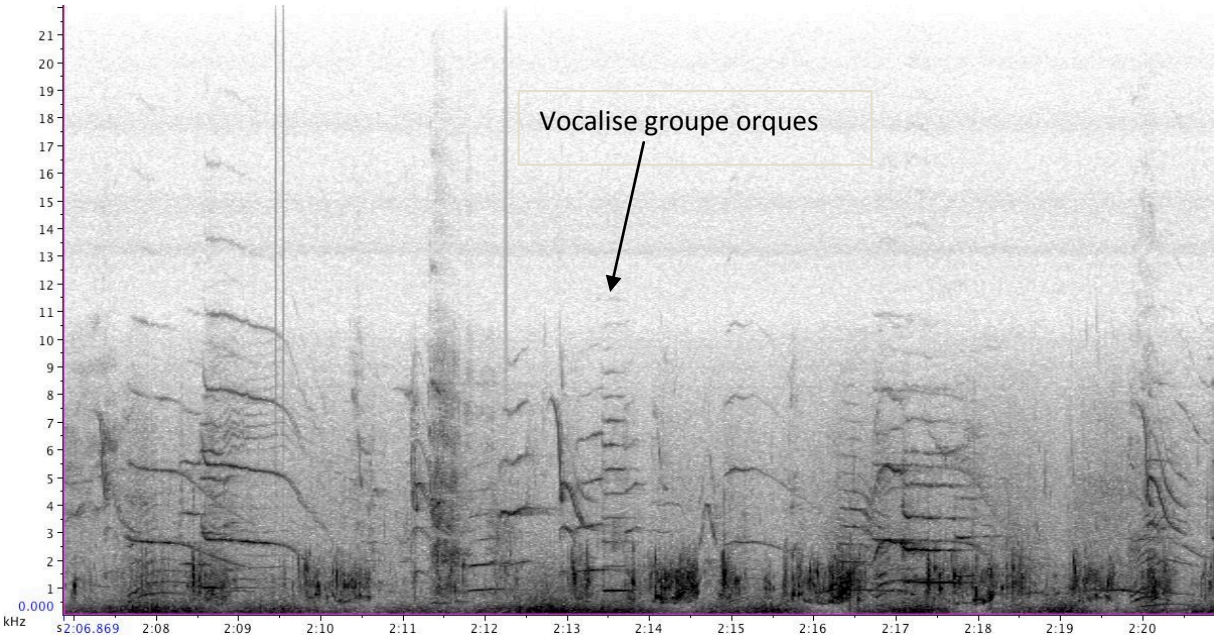


Temps

Figure 40: Extrait de vocalises de Rorquals Commun; AURAL, Placentia Bay Juin 2009 DFO.

Ces vocalises ont été analysées grâce à un spectrogramme. L'appel du rorqual commun est caractéristique des vocalises de basses fréquences. Les petits trais blancs correspondent à la signature acoustique de moteurs de bateaux. L'heure et la fréquence permette d'analyser et de comparer des hydrophones entre eux.

fréquence



Temps

Figure 41: Extrait de vocalise d'orques,Grand Banks NL Juin 1983 Hal Whitehead

Le groupe d'orque se trouvait très proche de l'hydrophone, ces sons analysés grâce à un spectrogramme sont très caractéristiques des vocalises d'orques. Les traits noirs signifient que l'amplitude du son est très haute en fréquence. Les orques émettent dans cette situation entre 0 et 16 kHz.

Nous espérons avoir des vocalises enregistrées avec les AURAL. Les résultats qui seront récupérés dans trois mois, vont être analysés par Olivier Adam et Tara Stevens.

2-4-2-6) Protocole de suivi :

Les AURAL vont arrêter d'enregistrer le 2 novembre 2010, il se peut que les hydrophones ne soit pas récupérés en même temps. Les données vont être récupérées en fonction des conditions météorologiques.

Il faudra alors les analyser et comparer les résultats avec l'AURAL A et B. L'aide de Tara Stevens et Olivier Adam sera alors nécessaire pour ce projet. En effet, ils vont pouvoir identifier les différentes espèces de mammifères marins grâce aux sons enregistrés par les hydrophones. Ces données seront intéressantes pour Tara, si des sons d'orques sont enregistrés durant ces trois mois.

On pourra alors mettre en place une base de données des différents résultats de vocalises enregistrées par les AURAL..

Base de données

Syntaxe des paramètres pour chaque présence de cétacés enregistrés par les AURAL

AURAL A : Ouest Saint Pierre : N46°62666, W56°30667

N°	Date	Heure	AURAL	Prof (mètres)	D.A Type.voc	Espèces cétacés
1			A			
2			A			
3			A			
4			A			

AURAL B

N°	Date	Heure	AURAL	Prof (mètres)	D.A Type.voc	Espèces cétacés
1			B			
2			B			
3			B			
4			B			

Sigles :

Prof : Profondeur en mètres

D.A : Détection acoustique

Type.voc : Type de vocalises

Sif (sifflement) - kak (clappement) - couin (coinement) - clic (cliquetis) – chant - clic

Le projet d'acoustique passive n'aura des résultats que dans la pérennité des projets. La récupération des données et l'analyse de celle-ci vont être importantes et primordiales pour la continuité du suivi des mammifères marins. Un déploiement supplémentaire des AURAL pour l'année prochaine sera alors nécessaire pour la suite de ce projet. Il faudra, par ailleurs continuer à mouiller l'hydrophone portable (COLMAR) si d'éventuelles sorties en mer sont prévues.

2-4-3) Partenariat pour l'acoustique passive :

JOËL DETCHEVERRY

Membres du Conseil d'administration de l'association ***agréée au titre de l'environnement*** SPM Frag'iles qui est également membre de FNE.
Il a créé le site internet *www.**baleinesetcompagnie**.com* pour faciliter l'acquisition de données et permettre les échanges sur les mammifères marins de l'archipel de Saint Pierre et Miquelon.
Il est également expert référent pour les Mammifères marins au sein du Conseil Scientifique territorial du Patrimoine Naturel de l'archipel de Saint Pierre et Miquelon et membre correspondant de Saint Pierre et Miquelon pour le GTMF.
Il participe à la rédaction de plusieurs publications scientifiques sur les tortues marines autour de SPM et collabore au suivi des populations de mammifères marins (orques, rorquals, baleines à bosse...) en collaboration avec sdes scientifiques canadiens.
Il a été coordinateur du travail de synthèse sur les données concernant les mammifères marins depuis 30 ans à SPM qui a donné lieu à un rapport en 2009.
Joël travail également en partenariat avec Olivier Adam, Tara Stevens et Jack Lawson sur le projet acoustique passive à Saint pierre et Miquelon.

Accrédité pour la manipulation le prélèvement sur les espèces CITES Marines.

OLIVIER ADAM

Olivier Adam est maître de conférences au Centre de Neurosciences Paris Sud CNPS, Université Paris Sud Orsay. Il est spécialiste en traitement du signal, reconnaissance des formes, acoustique sous-marine. Il travaille depuis 2002 sur des programmes de recherche portant sur les mammifères marins en collaboration avec des biologistes spécialisés en cétologie. Actuellement, il développe et met au point des outils dédiés à la détection des sons émis par certaines espèces cachalots, baleines bleues, baleines à bosse, orques, dauphins bleus et blancs. Les objectifs sont l'identification de l'espèce et la localisation des individus. Il a co-dirigé 3 thèses sur l'observation des cétacés par acoustique passive, soutenues en 2005, 2007 et 2008. Entre 2004 et 2008, il a 13 publications dans des revues internationales incluant JASA, Applied Acoustics, Eurasip, Canadian Acoustics et 20 communications orales dans des conférences internationales incluant IEEE Passive, ASA, ECS, IEEE SSP.

Olivier est venu à Saint Pierre et Miquelon nous aider pendant 5 jours du 26 au 30 juillet. Il avait principalement deux missions. Dans un premier temps, il devait prendre connaissance du terrain et dans un deuxième temps, la prise en main du matériel acheté était nécessaire.

TARA STEVENS et JACK LAWSON

Travaillent tous les deux au sein de l'administration de Pêches et Océans Canada au sein de la section Mammifères Marins basée à St John's Terre Neuve.

Jack Lawson est docteur de recherche sur les mammifères marins pour le gouvernement canadien dans le province de Terre Neuve et Labrador. M. Lawson a obtenu sa maîtrise une des thèses de doctorat sur les études de phoque, la plupart des données pour lesquelles ont été recueillis dans le Grand Barachois de SPM. Il a étudié les mammifères marins depuis 30 ans dans de nombreux endroits à travers le monde, et publié plus de 100 articles et rapports techniques. Il a travaillé pour le ministère fédéral des Pêches et des Océans à Terre-Neuve-et-Labrador pendant dix ans, avec des intérêts dans la distribution des cétacés et des tortues de mer, l'abondance et l'écologie. Il a un fort intérêt pour la surveillance acoustique dans le cadre du MPO et de la recherche coopérative.

Ils gèrent un parc de 6 hydrophones identiques à celui en projet d'achat pour SPM en Atlantique Nord Ouest et sont concernés par les mêmes espèces. Jack sera présent à Saint Pierre et Miquelon pour le premier comptage aérien des mammifères marins réalisé par Frag'île. Ce comptage se déroulera pendant 5 jours du 31 au 5 septembre.

Tara Stevens est une étudiante diplômée de M. Lawson, qui étudie les épaulards, et a été impliqué dans un projet visant à élaborer un catalogue des sons acoustiques pour les cétacés de l'Atlantique. Elle est venu à Saint Pierre et Miquelon pendant 2 jours pour la configuration des paramètres de l'AURAL et la mise à l'eau.

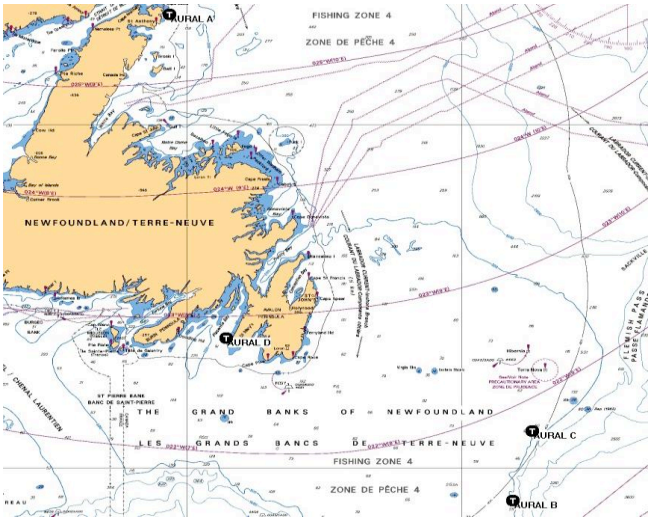


Figure 42: Position des hydrophones canadiens

Conclusion :

Les mammifères marins sont des indicateurs importants de la biodiversité marine mondiale. Leur suivi permet ainsi de constater les impacts des activités humaines sur les milieux naturelles. Les missions réalisées à Saint Pierre et Miquelon s'inscrivent dans cette optique d'étude et de préservation.

Le projet d'acoustique passive mis en place cette année ouvre de nouvelles perspectives. En effet, les observations visuelles, qu'elles soient aériennes ou maritimes sont limitées par plusieurs paramètres. Tout d'abord, les conditions climatiques ne sont pas toujours favorables et les sorties en bateaux sont limitées. Les comptages aériens sont aussi modelés en fonctions de ces conditions car ils nécessitent une bonne visibilité et l'aéronef utilisé est en principe affrété quelques jours seulement.

Dans l'archipel, les observations maritimes sont restreintes aussi par le nombre d'observateurs disponibles. Les comptages aériens sont eux très couteux ce qui les rend rares et exceptionnels. Les hydrophones étant présents continuellement sur la zone d'écoute, ils permettent l'étude des cétacés à n'importe quelle période de l'année mais aussi de repérer des espèces pas encore visualisées dans les eaux françaises de part leur longue durée de plongée ou autre. Ainsi le projet d'acoustique passive complète parfaitement les observations visuelles.

Toutefois le suivi visuel reste indispensable et pourrait à terme amené Saint Pierre et Miquelon a participé a de plus vastes projets. En effet une grande campagne de comptage des mammifères marins de tout l'Atlantique Nord est prévu pour 2013 et les missions de 2010 pourraient contribuer à la participations du territoire français à cette étude. De plus, un symposium réunissant les différentes organisations vouées aux mammifères marins de l'Atlantique Nord et ayant pour but de trouver des accords quand aux échanges de données sera vraisemblablement organisé à Saint Pierre. Si le projet abouti, l'archipel deviendrait une tête de pont au cœur d'un réseau structuré d'étude et de préservation des cétacés et SPM Frag'îles pourrait promouvoir son travail à l'étranger.

Bibliographie :

Site internet

http://www.cetaces.org.org/thematique/acoustique-sous-marine-et-recherche-cetologiques/acoustique-sous-marine-et-les-cetaces/

Rapports et articles :

Olivier ADAM, Jonathan HOMERIN, Jean-François MOTSCH « Analyse des densités sonores » (22p) ; 2007

Léa SEBESI, rapport de stage « campagne d'enregistrement des baleines à bosses » ; (40 p) ; 2008

Jean ZELLHUBER, « Mise en place d'un observatoire des mammifères marins à Saint Pierre et Miquelon (27 p) ;2009

Mark A. McDonald « Difar hydrophone usage in whale research "(6p); 2004

Jack LAWSON, Jean François GOSSELIN « répartition et estimations préliminaires de l'abondance des cétacés vu lors du relevé de la mégafaune marine du Canada » ; (34 p) 2007

Flore SAMARAN, « Détectabilité des vocalisations de rorquals communs (Balaenoptera Physalus) à partir d'une station côtière dans la voie maritime de l'estuaire du Saint Laurent » (115 p); 2004

N.Gandilhon, O. Adam, M. Louis " Using passive acoustics for marine mammal observations: multidisplinary observatories, materials and software" (9 p); 2007

Stephane JEREMIE « Suivi: abondance, comportement et distribution des populations côtières en saison humide (Hivernage) » (20 p) ; 2005

Martine BRUNET, Nicolas BABLON « Les Mammifères Marins » (13 p) ; 2007

Richardson et al « Marine Mammals and Noise » ; (567p) 1998

Nadège GANDILHON, Etienne GIROU « Abonance et Distribution des mammifères marins dans l'Archipel guadeloupéen »,(65 p) ; 2008

SPM Frag'iles association agréée au titre de l'environnement

BP 4421, 97500 Saint Pierre et Miquelon, spm.fragile@yahoo.fr

Annexe

Annexe 1 : comptage aérien

Association SPM Frag'îles

BP 4421, 97500

Saint Pierre et Miquelon

Tèl : 41 94 14

Adressé à : Monsieur le Chef du Service de l'Aviation Civile

Aéroport de Saint-Pierre Pointe-Blanche

97500 Saint-Pierre

Objet : Demande d'autorisation de survol de la zone française dans le cadre d'un comptage aérien des mammifères marins.

Monsieur,

L'association SPM Frag'îles souhaiterait organiser une opération de comptage aérien des mammifères marins et tortues luths sillonnant les eaux de l'archipel. Cette action est réalisée en partenariat avec l'administration de Pêches et Océans Canada (DFO) et plus précisément la section mammifères marins basée à St John's Newfoundland. Le projet est également soutenu par la Direction de l'Agriculture et de la Forêt de Saint Pierre et Miquelon. Le survol se déroulera durant la période du 16 au 27 aout et devrait s'effectuer pendant quatre jours. L'avion restera stationné tous les soirs sur l'aéroport de la Pointe Blanche.

Le comptage aura lieu au dessus de toute la ZEE mais ne s'arrêtera pas uniquement à cette zone comme le montre la figure ci-jointe. Le type d'aéronef utilisé est un DeHaviland Twin Otter immatriculé C-GJDE et piloté par Trevor Mugford ou Duane Blake assisté de Wes Reid ou Derek Barney (ces données sont à confirmer dans les prochains jours). Plusieurs personnes seront amenées à participer à ce vol (voir la liste ci-jointe).

Cette opération s'inscrit dans le cadre du suivi et de la préservation des mammifères marins présents dans l'archipel et présente donc un intérêt majeur pour la gestion du patrimoine naturel de Saint Pierre et Miquelon.

C'est la raison pour laquelle, je sollicite de votre bienveillance une autorisation de survol de l'espace français.

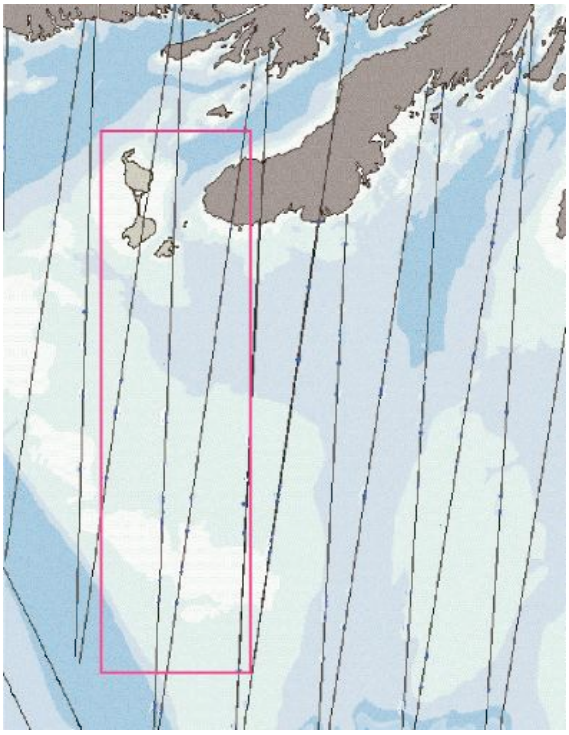
Je vous prie d'agréer, monsieur, l'expression de mes salutations distinguées.

Madame la présidente,

Véronique Perrin

Annexe 2: comptage aérien

Zone survolée pendant l'étude :



Liste des personnes susceptibles de participer aux vols : Citoyen français

-Préfet : Jean-Régis Borius né le 30/07/48 à Beaumont-Mayenne

-Directeur de la DAF : Jean-Louis Blanc né le 10/04/52 à Marseille

-Sénateur : Denis Detcheverry né le29/04/53 à Saint Pierre

-Maire : Karine Claireaux née le 15/11/63 à Saint Pierre

-Chargé de mission pour la mairie : Véronique Durourre née le 20/05/84 à Châlon sur Saône

-Technicien principal option forestière : Frank Urtizberea né le 18/03/65 à Saint Pierre

-Réalisateur RFO : Joël Detcheverry né le 20/06/66 à Saint Pierre

-Institutrice : Cathy Detcheverry née le 01/12/65 à Rennes

-Présidente de l'association : Véronique Perrin née le 29/06/74 à Saint Pierre

-Informaticien : Nicolas Gourmelon né le 19/10/78 à Paris

-Retraité : Roger Etcheberry né le 26/01/44 à Saint Pierre

-Animatrice : Sylvie Allen-Mahé née le 20/05/75 à Saint Pierre

-Technicien météo : Patrick Boez né le 23/04/61 à Valenciennes

-Garde chasse : Laurent Jackman né le 04/11/63 à Saint Pierre

-Journaliste RFO : Jérôme Anger né le 18/08/69 à Maubeuge

-Journaliste Echo Des Caps : Jean-Christophe L'espagnol né le 02/05/64 à Saint Pierre

-Directeur adjoint DAF : Hervé Losson né le 30/10/55 à Brazzaville

-Etudiant : Colin Darnis né le 06/07/90 à Châteauroux

-Etudiante : Morgane Detcheverry née le 16/06/89 à Renne

-Etudiant : Tristan Urtizberea né le 26/12/89 à Saint Pierre

-Chargé de mission SPM Frag'îles : Pierrick Quédinet né le 07/11/89 à Saint Pierre

-Chargé de mission SPM Frag'îles : Thibaut Vergoz né le 31/08/84 à Saint Germain en Laye

-Etudiante : Amaël Boudreau née le 29/08/88 à Saint Pierre

-Chargé de mission SPM Frag'îles : Gilles Gloaguen né le 18/09/87 à Vannes

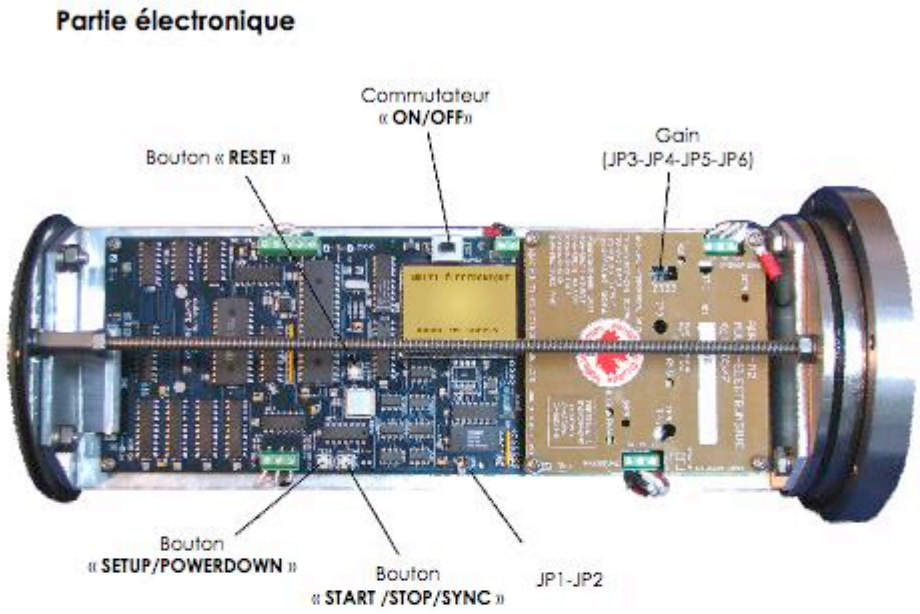
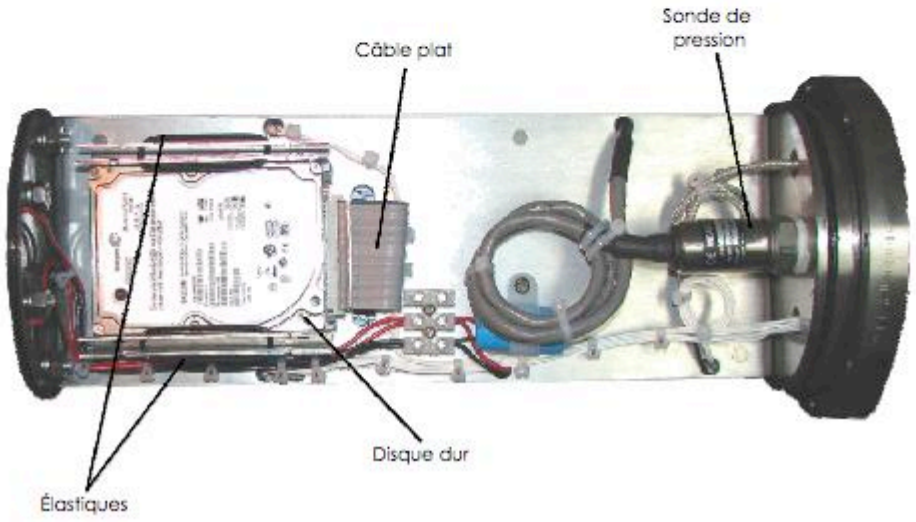
Citoyen Canadien

- docteur de recherche sur les mammifères : Jack Lawson né le 04/04/59 à Murrayville, British Columbia

-Pilotes d'avion : Trevor Mugford né le 12/11/70 Duane Blake né le 14/07/69

-Copilotes : Wes Reid né le 15/05/84 Derek Barney né le 13/04/83

Citoyen Américain

-Etudiante : Tara Stevens né le 04/04/86 à Belfast, Maine

Annexe 3 : acoustique passive