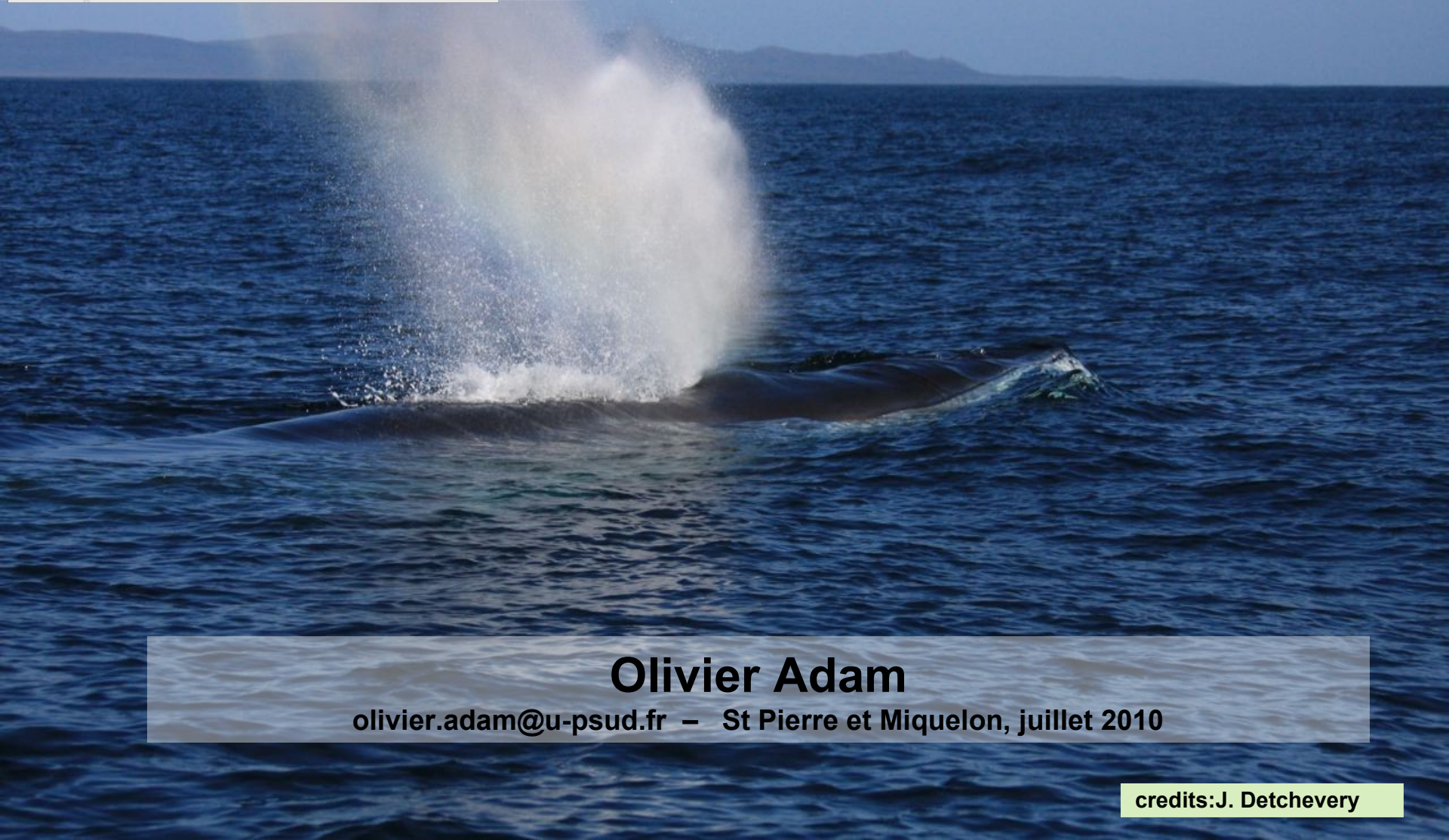




Observation des baleines par acoustique



Olivier Adam

olivier.adam@u-psud.fr – St Pierre et Miquelon, juillet 2010

credits: J. Detchevery

Pourquoi observer les cétacés ?

Généralités

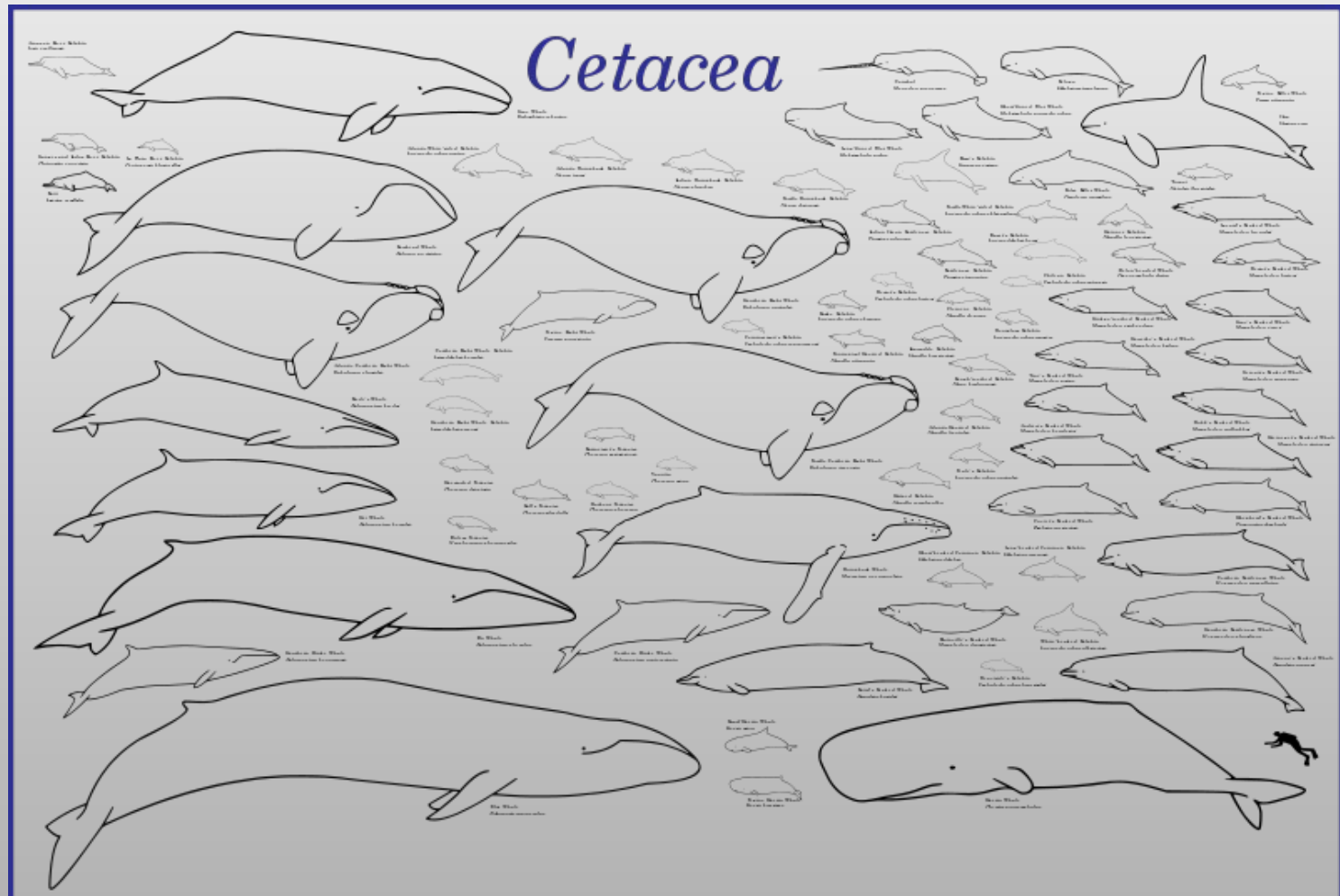
Mammifères

80 espèces

sous-ordre

mysticètes : une 15e d'espèces

odontocètes : environ 65 espèces



Pourquoi observer les cétacés ?

Toujours d'actualité !

Biologie marine

- Certaines espèces peu ou pas connues
- Inventaire de cétacés

Interactions des cétacés et des activités humaines

- Transport maritime
- Collision avec les ferrys
- Pêche: déprédation, captures accidentelles, pingers
- Prospections pétrolières: airgun, plateformes, pipeline
- Sonars militaires

Objectifs

- Information sur les populations (liste rouge), sur les comportements
- Localisation et routes migratoires
- Certaines espèces sont plus susceptibles que d'autres aux activités humaines
- Conséquences sur notre économie



Pourquoi observer les cétacés ?

Impact du changement climatique sur les cétacés

Si la température augmente de plus de

1.5-2.5°C → augmentation du risque d'extinction de 20%-30% des plantes et animaux

≈3.5°C → augmentation du risque d'extinction de 40%-70% des plantes et animaux

Estimation by the International Panel on Climate Change (IPCC, 2007)

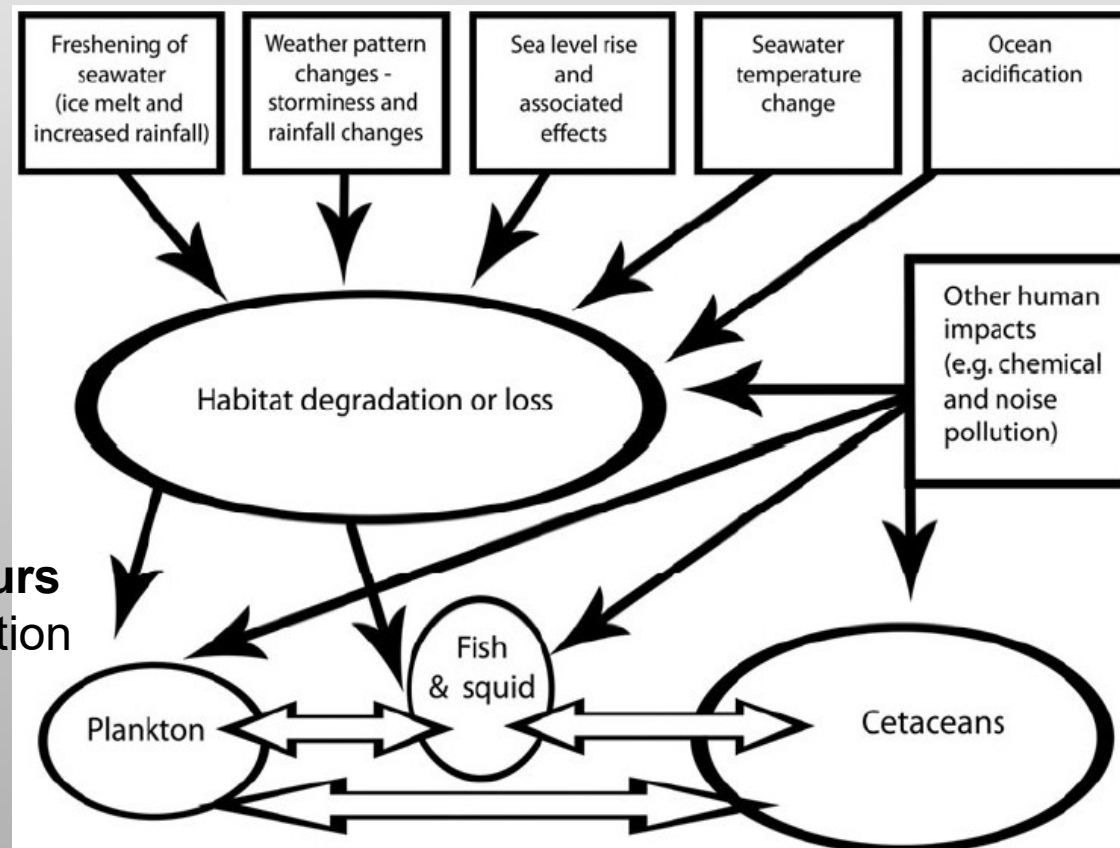
Effets du changement climatique

→ changements dans

abondance, distributions,
Temps and lieux demigrations,
Structure sociale,
Abondance des proies et
distributions,
Changement dans les relations
trophiques, reproduction et
survie

Superposition de plusieurs facteurs

Acidification des océans, augmentation
des activités humaines,
pollution chimique, bruits...



Pourquoi observer les cétacés ?

Les effets directs

Si la température est un facteur important pour les cétacés,

- modification des distributions
- vulnérabilité des espèces (notamment résidentes)

Les effets indirects

Changements dans leur habitat (voire perte d'habitat)

Changements dans l'abondance et distribution des proies

Diminution de capacité de reproduction

Augmentation des risques de maladie/pathologie



credit: internet

Par exemple :

Changement des fréquences pour les cris des baleines bleues: 31% plus basses aujourd'hui qu'il y a 45 ans. Les fréquences ont décru de 0.4Hz.an^{-1}

McDonald, Hildebrand and Mesnick (2009). *Worldwide decline in tonal frequencies of blue whale songs*, *Endangered species research*, 9:13-21

Les recherches actuelles portent sur les régions polaires

En Arctique : 3 espèces (narval, beluga, baleines franches)

En Antarctique : plus de 15 espèces

Remarques :

L'Océan Australe contient plus de 50% des réserves de biomasse du monde marin

La population de krill a diminué d'au moins 80% en Antarctique (Scotia Sea) et dans l'Atlantique du Nord depuis les années 70

Simmonds and Elliott (2009). *Climate change and cetaceans: concerns and recent developments*, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89(1):203-210



PLAN

Les méthodes d'observation des cétacés

Exemples de sons émis par les cétacés

Un système auditif adapté

Rappels sur l'acoustique sous-marine

Le bruit sous-marin

Objectifs des observations par acoustique passive

Le matériel

Les travaux réalisés : les cachalots, les baleines bleues

Les projets en cours : la déprédation, les baleines à bosse

le recensement des cétacés de Guadeloupe

Conclusion

Les différentes méthodes d'observation

Photo-identification
Estimation de la taille du groupe
Analyse du comportement

jumelles, camera IR
photo, video, image satellite,
crittercam

jour/nuit
meteo
coût

Visuelles

D'un bateau, de la
côte, d'un avion,
d'un robot (AUV,
glider, drone)



credits:L. Bouveret – Association Breach

Acoustiques

Capteurs



credits: NAMC, THALES,
Breach



credits:internet

Les différentes méthodes d'observation

Visuelles



credits:L. Bouveret – Association Breach



credits:N. Gales

credits:Tyack&Johnson



Acoustiques

Information pendant les plongées,
Comportement individuel
behaviour, information sur
l'environnement

Observation instantanée
Météo

Performance des systèmes

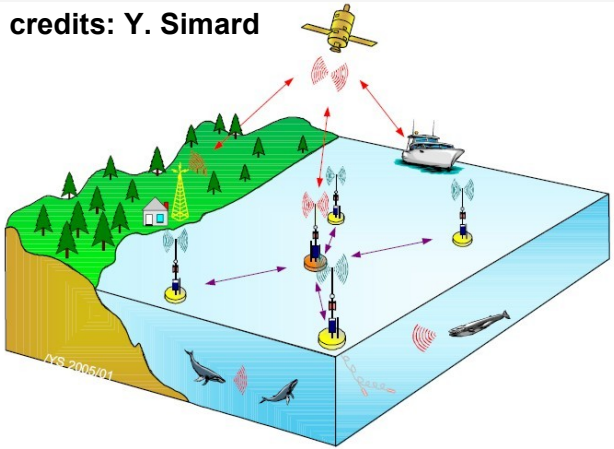
Capteurs

Température, pression,
salinité, lux, positions

À partir d'un bateau par
des spécialistes

Les différentes méthodes d'observation

credits: Y. Simard



Observatoire permanent

Acoustique active ou passive

Acoustiques

À partir d'un boat, de la côte, de tag, de robot

Détection Individuelle ou de groupe
Localisation, densité

Observations instantanées ou continues (24h/24, 7j/7)

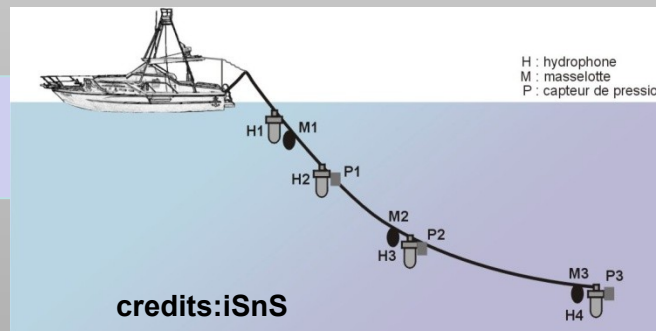
Visuelles



credits:L. Bouveret – Association Breach

Capteurs

Observatoire à court terme



credits:iSnS



PLAN

Les méthodes d'observation des cétacés

Exemples de sons émis par les cétacés

Un système auditif adapté

Rappels sur l'acoustique sous-marine

Le bruit sous-marin

Objectifs des observations par acoustique passive

Le matériel

Les travaux réalisés : les cachalots, les baleines bleues

Les projets en cours : la déprédation, les baleines à bosse

le recensement des cétacés de Guadeloupe

Conclusion

Exemples de sons émis par les cétacés

Source	Intensité (dB à 1 m)	Bande fréquentielle (Hz)
Clics de cachalot	163 – 223	[100 – 30000]
Clics d'écholocation de Beluga	206-225 (crête à crête)	
Clics d'écholocation de dauphin à bec blanc	194-219 (crête à crête)	
Burst de dauphin à long bec	108-115	
Sifflements de grand dauphin	125-173	[800 – 24000]
Clics de grand dauphin	212-228	[110000 – 130000]
Dauphin de Risso	120	65000
Dauphin bleu et blanc (stenelle)		6000 – 24000
Gémissement de rorqual commun	155 – 186	[30 – 750]
Gémissement de rorqual bleu	155 – 188	
Gémissement de baleine grise	142 – 185	
Gémissement et chant de baleine boréale	128 – 189	
Chant de baleine à bosse	144 – 174	[30 – 8000]
Claque de baleine à bosse	183 – 192	[30 – 8000]
Appel court de baleine franche australe	172 – 187	
Globicéphale	180	500 – 20000
Crevettes claquantes	183 – 189 (crête à crête)	

Emissions sonores des cétacés

La baleine à bosse

Unité de base appelée note est
un **son continu**
de fréquence variable de 20 Hz à 10 kHz
qui dure 1 à qq secondes

Chants par les mâles pendant la saison
des amours: grognements, sifflements,
grincements, gémissements, grondements...

Rmq: On a recensé 9 unités sonores.

Son à fréquence contante, chirp à fréquence croissante ou décroissante. Modulation d'amplitude.

Structure hiérarchique des sons: une sous-phrase est constituée de 4 à 6 unités sonores. Et il faut au moins 2 sous-phrases pour former une phrase.



Une même phrase peut être répétée pendant 2 à 4 mn: définition d'un **thème**

Une suite de thème forme **un chant** (durée 20mn). Ce chant peut-être répété pendant des heures voire des jours



credits:association Megaptera

Emissions sonores des cétacés

Le dauphin

2 types de sons

les sifflements: communication

les clics: écholocation

Les sifflements sont particulièrement variés.

Ils sont souvent courts (inférieurs à 1s) et leurs fréquences vont de 20 Hz à 200 kHz

Les dauphins apprennent une signature acoustique dès leur naissance, voisine de celle de leur mère.

les dauphins imitent à la perfection les sifflements des autres membres de leur groupe



Emissions sonores des cétacés

Le beluga

Appelé le « canari des mers »
en raison de leurs chants et bavardages incessants

Types de sons émis:

Sifflement: communication

Clic: écholocation

Gamme étendue allant des sifflements aigus
à des grognements bas répétés. On parle également de cris.

Rmq: Des baleiniers du dix-neuvième siècle
ont décrit les sons des bélugas qu'ils entendaient
à travers la coque de leurs voiliers en bois.



Emissions sonores des cétacés

L'orque

Gamme étendue

sifflements aigus, vocalisations courtes, glapissements
clics

On a recensé près de 62 sons différents dans un groupe, composé d'une douzaine de sons de base et d'un vaste répertoire de modulations.

Bande Fréquentielle: de 0.1 à 40 kHz



Rmq: les groupes ont un dialecte propre qui pourrait définir l'appartenance à une famille à un **clan**. Ce dialecte se transmet de génération en génération



Emissions sonores des cétacés

Le cachalot

Uniquement des **clics**



1. les Regular Clicks

Ils sont émis pendant la plongée, avec un rythme de l'ordre d'1 seconde. Ils servent à l'écholocation et à savoir où se trouve la nourriture. Ils sont très puissants et très directifs. Le cachalot sait, ainsi, via l'écho ce qui est devant lui (le fond ou les proies ou rien).

2. les Codas

Les cachalots femelles et jeunes émettent souvent des clics peu directifs en séquences rythmiques stéréotypées appelées codas.



3. les Creaks

Ce sont des clics émis de plus en plus rapidement. Ces trames de clics sont émises pendant la phase de chasse, entre les regular clicks et les zones de silence. Ce sont des clics dans la rythmique accélère et l'intensité diminue

4. Les trumpet calls.

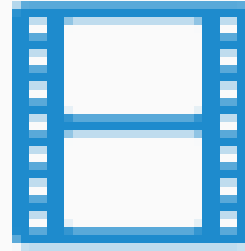
Ce sont des signaux courts, légèrement harmoniques (à la différence des clics)

Emissions sonores des cétacés

Quand émettent-ils des sons ?

Les cétacés se servent du son dans **tous les domaines vitaux** :

communication,
cohésion du groupe,
recherche de nourriture,
alimentation coopérative,
contact mère-petit,
reconnaissance individuelle
(signature acoustique),
chasse,
socialisation,
recherche d'un partenaire,
maintien d'un territoire,
établissement d'une hiérarchie,
détections de prédateurs
et de dangers et l'orientation.



Observations acoustiques

Objectifs

- Détection et classification des sons emis par les cétacés
- Suivi de trajectoires
- Observations pendant leurs plongées
- Lorsque les observations visuelles ne sont pas possible
- Caractérisation de leur environnement
- Méthode reproductible

Difficultés

- Très grande variété de sons d'une espèce à l'autre et au sein d'une même espèce, d'un individu à l'autre
- Différentes caractéristiques des sons : pressions acoustiques (20-220 dB re1uPa at 1m) et bandes fréquentielles (20Hz – 200 kHz)
- enregistrements simultanés de plusieurs individus
- propagation acoustique sous-marine
- bruit ambiant variant dans le temps



PLAN

Les méthodes d'observation des cétacés

Exemples de sons émis par les cétacés

Un système auditif adapté

Rappels sur l'acoustique sous-marine

Le bruit sous-marin

Objectifs des observations par acoustique passive

Le matériel

Les travaux réalisés : les cachalots, les baleines bleues

Les projets en cours : la déprédation, les baleines à bosse

le recensement des cétacés de Guadeloupe

Conclusion

En milieu aérien l'audition est **importante**.
Par exemple pour les mammifères
et notamment l'Homme (*inutile de le démontrer ici !*).
Néanmoins, il est possible d'y vivre bien que sourd.



En milieu sous-marin l'audition est **fondamentale**.
Par exemple pour les cétacés.
Il est impossible d'y vivre sourd.

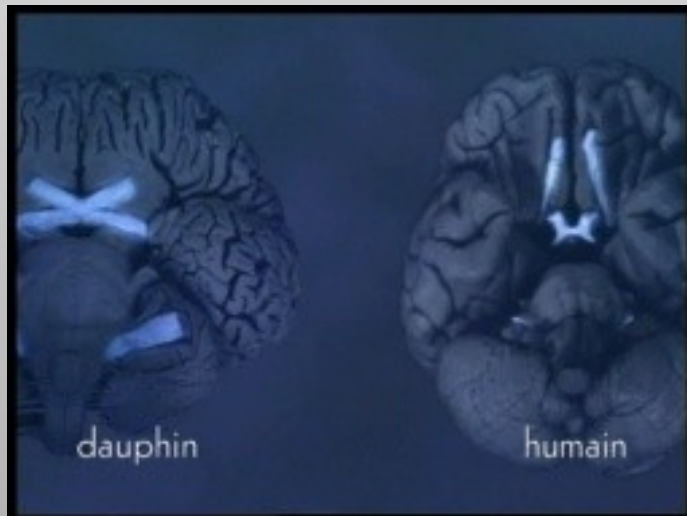
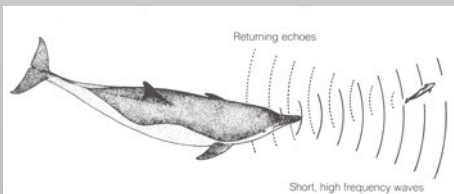


L'olfaction est réduite et parfois même inexistante.

Le toucher ne joue un rôle que dans les relations sociales (quelques exceptions).

La vision est adaptée au milieu aquatique et aérien mais elle est peu performante.

L'audition est extrêmement développée.
absence d'oreille externe.
l'échololocation ou sonar biologique est semblable dans son principe au radar ou à l'échographie.



Connaissance du système auditif

oreille externe : du pavillon au tympan

oreille moyenne : du tympan à la cochlée

oreille interne : complexe cochléo-vestibulaire

nerf auditif et tronc cérébral

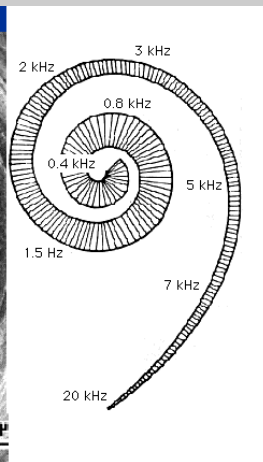
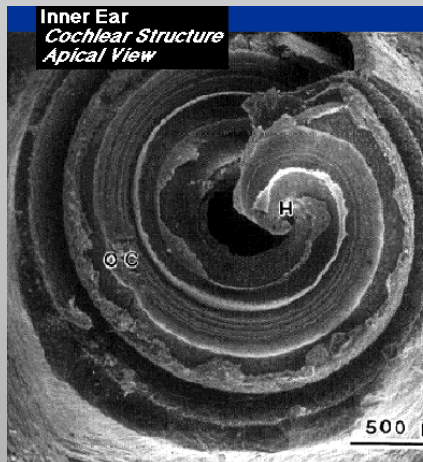
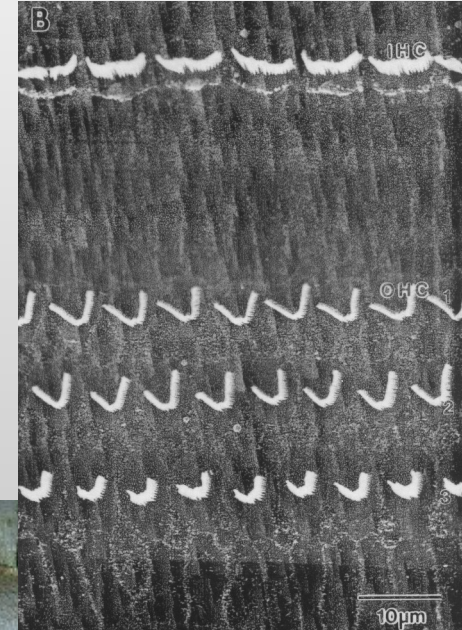
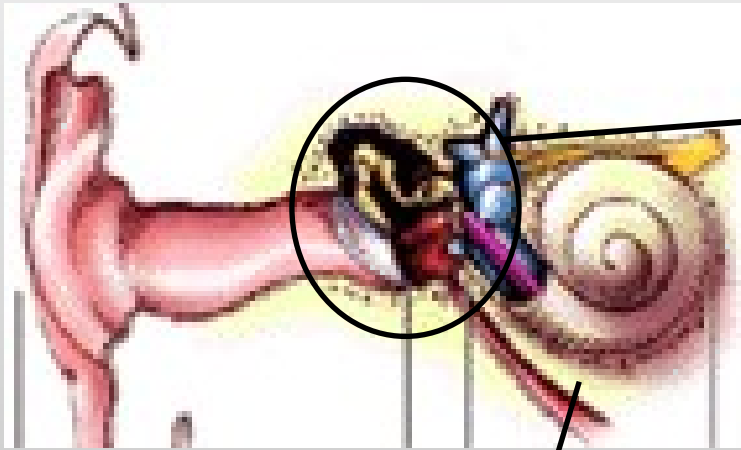
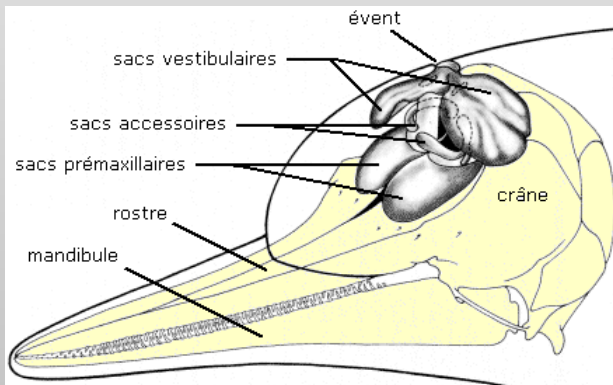
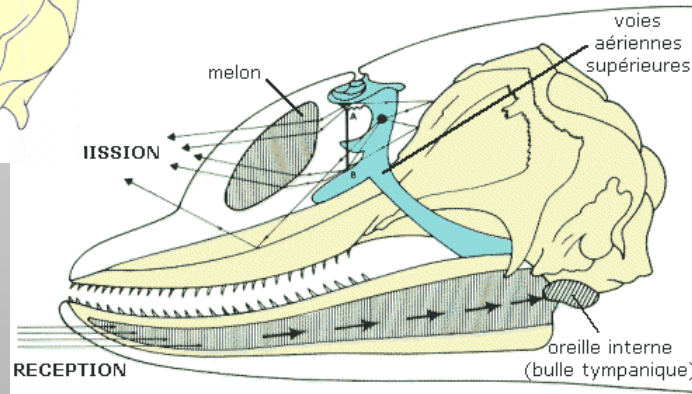


Photo: Ohresser

- pas de pavillons externes
- le conduit auditif externe s'ouvre par un simple orifice qui s'élargit au fur et à mesure que l'on s'approche de la zone tympanique.
- les articulations entre les osselets sont ankylosées
- la bulle tympanique est enveloppée d'un tissu adipeux, fibreux et élastique recouvert par un tissu creusé de cavités remplies d'air
- présence de la trompe d'Eustache
- cochlée identique à celle des autres mammifères



Disposition des sacs aériens chez les petits Odontocètes



Emission et réception des sons chez les Dauphins

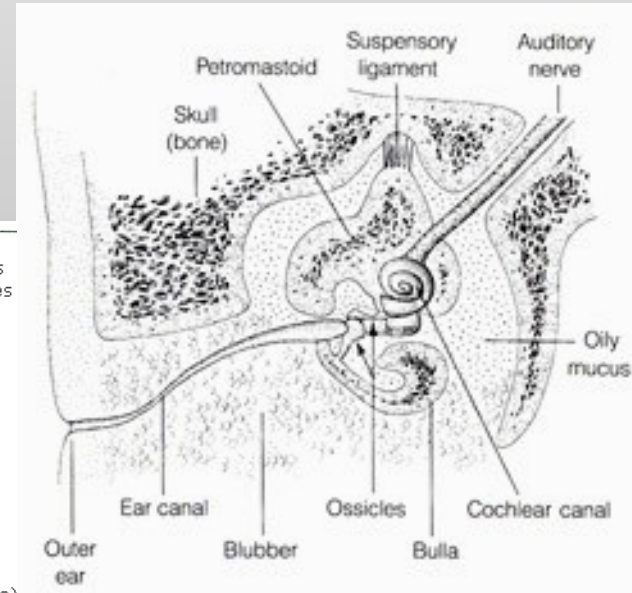


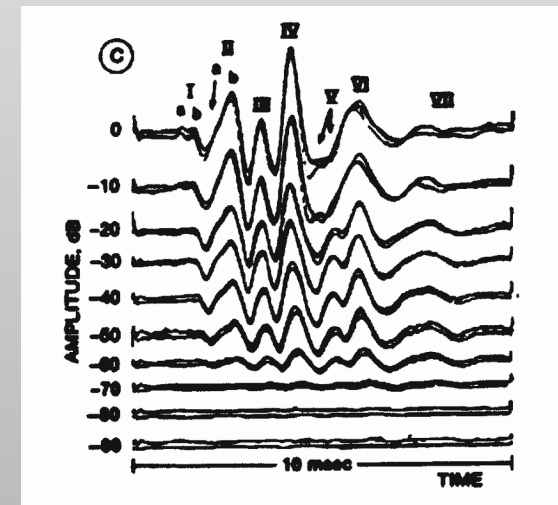
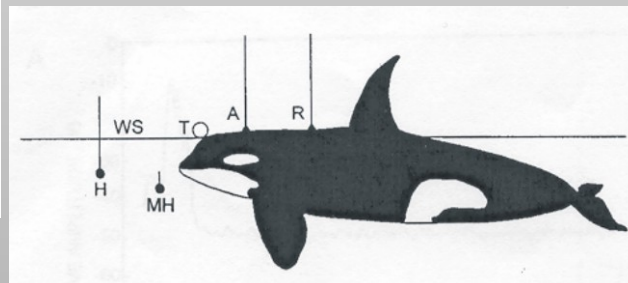
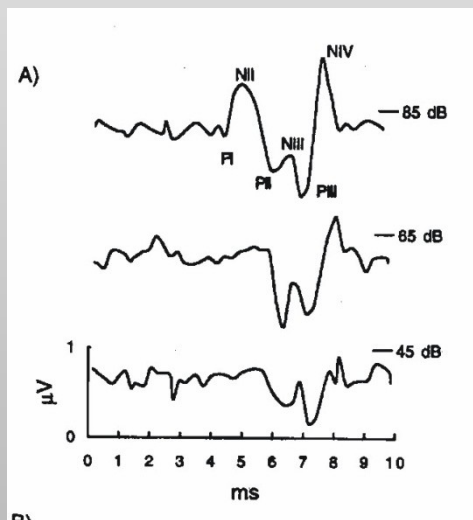
Schéma de l'oreille d'une baleine

seuil auditif - audiogramme

Pour les odontocètes, la gamme auditive est comprise entre 10 - 100 kHz avec un seuil auditif de 40 - 50 dB re 1 μ Pa.

En général, les grandes espèces (orques) ont une limite vers 100kHz alors que les petites espèces peuvent entendre jusqu'à 150 kHz.

directivité de la réception





PLAN

Les méthodes d'observation des cétacés

Exemples de sons émis par les cétacés

Un système auditif adapté

Rappels sur l'acoustique sous-marine

Le bruit sous-marin

Objectifs des observations par acoustique passive

Le matériel

Les travaux réalisés : les cachalots, les baleines bleues

Les projets en cours : la déprédation, les baleines à bosse

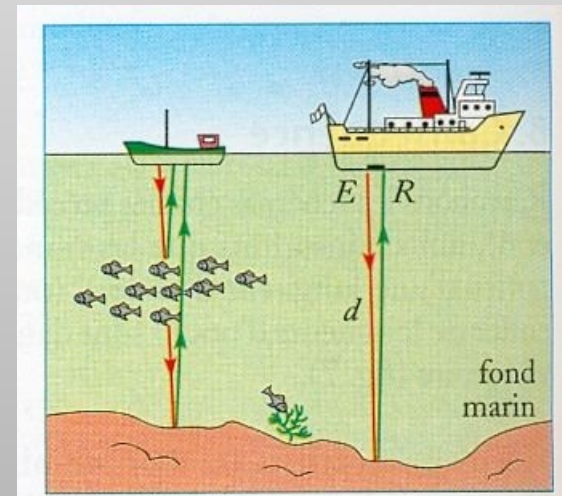
le recensement des cétacés de Guadeloupe

Conclusion

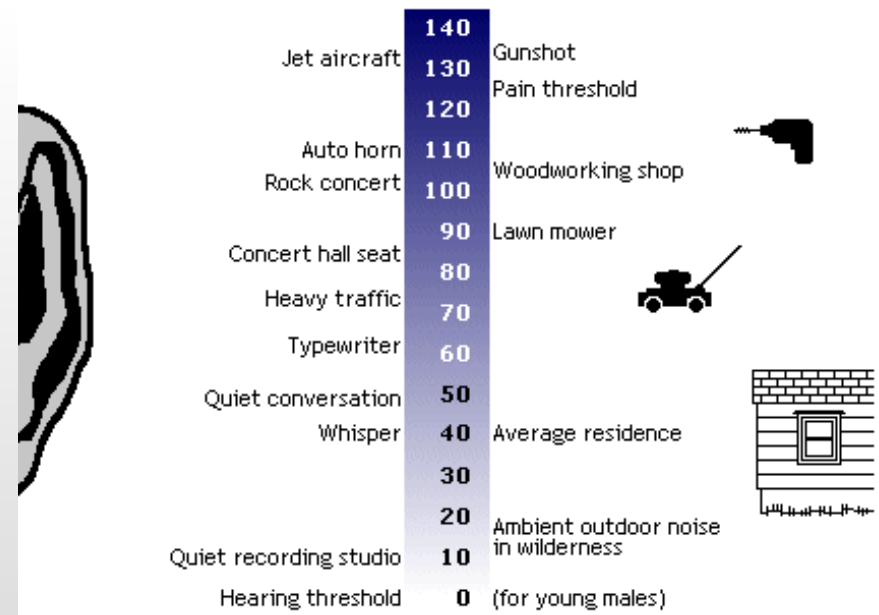
En **milieu aérien** le son est rapidement atténué avec la distance de propagation.
Au contraire les ondes électromagnétiques s'y propagent très bien.



En **milieu sous-marin** le son s'y propage très bien.
Au contraire les ondes électromagnétiques sont rapidement atténuées avec la distance de propagation.



Une échelle logarithmique : décibel (dB)



L'unité de pression est le **Newton par mètre carré**, ou **Pascal**.

Toutefois, la puissance des sons couvre une très grande gamme.
Par exemple, la pression acoustique sous l'eau peut aller de 0.0000001Pa pour une mer calme à 10000000Pa lors d'une explosion.

On définit alors le **niveau de pression acoustique** (SPL) par

$$\text{SPL} = 20 \log(P/P_{\text{ref}})$$

En acoustique sous-marine, on utilise $P_{\text{ref}} = 1\mu\text{Pa}$

La pression d'1 Pa correspondra alors à 120 dB re 1 μPa

Dans l'exemple précédent, les niveaux seraient alors de 0 dB à 260 dB re 1 μPa

Impédance acoustique : $z = rc$

$r = \text{densité}$

$c = \text{vitesse du son}$

$\text{dans l'eau } z = 1.5 \times 10^5 \text{ (Pa} \cdot \text{s)/m}$

$\text{dans l'air } z = 415 \text{ (Pa} \cdot \text{s)/m}$

La célérité du son est 4 fois plus élevée dans l'eau que dans l'air (1500 m/s - 340 m/s)

Pression acoustique : $p(t)$ pression par unité de surface en micropascals (μPa)

$p(t) = z \cdot u(t)$

$u = \text{vitesse des particules}$

Pression référence :

dans l'air 20 μPa

dans l'eau 1 μPa

Conversion des dB aériens en dB sous-marins :

de 1 à 20 μPa -> 26 dB

de z_{air} à z_{eau} -> 36 dB

soit : + 62 dB

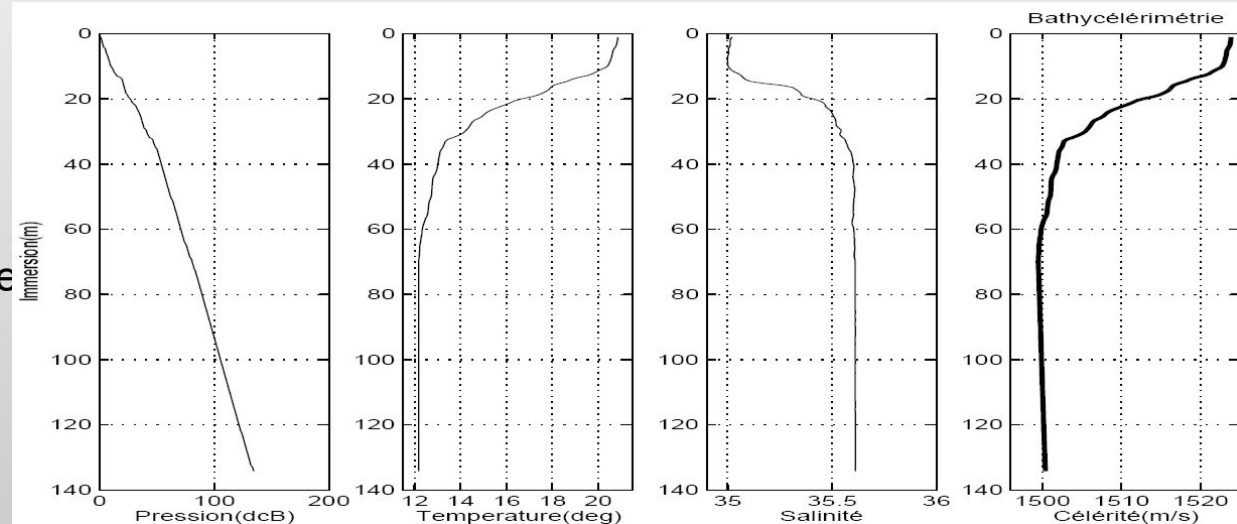
La **célérité du son** dépend de la **température**, de la **salinité**, de la **pression**.

Une approximation est donnée par la formule de Leroy :

$$c(z, T, s) = 1492,9 + 3(T - 10) - 0.006(T - 10)^2 - 0.04(T - 18)^2 + 1.2(s - 35) - 0.01(T - 18)(s - 35) + 0.016z$$

où z est la **profondeur** en mètre,
 T la **température** en degré,
et s la **salinité** en partie par millier

On a donc une variation verticale
de la célérité,
appelée **bathycélérimétrie**.



D'après X. Demoulin

Une augmentation de :

1°C entraîne une augmentation de la vitesse de 3 m/s

100 mètres entraîne une augmentation de 1.7 m/s

1 ppt (partie par millier) de la salinité entraîne une augmentation 1.3 m/s

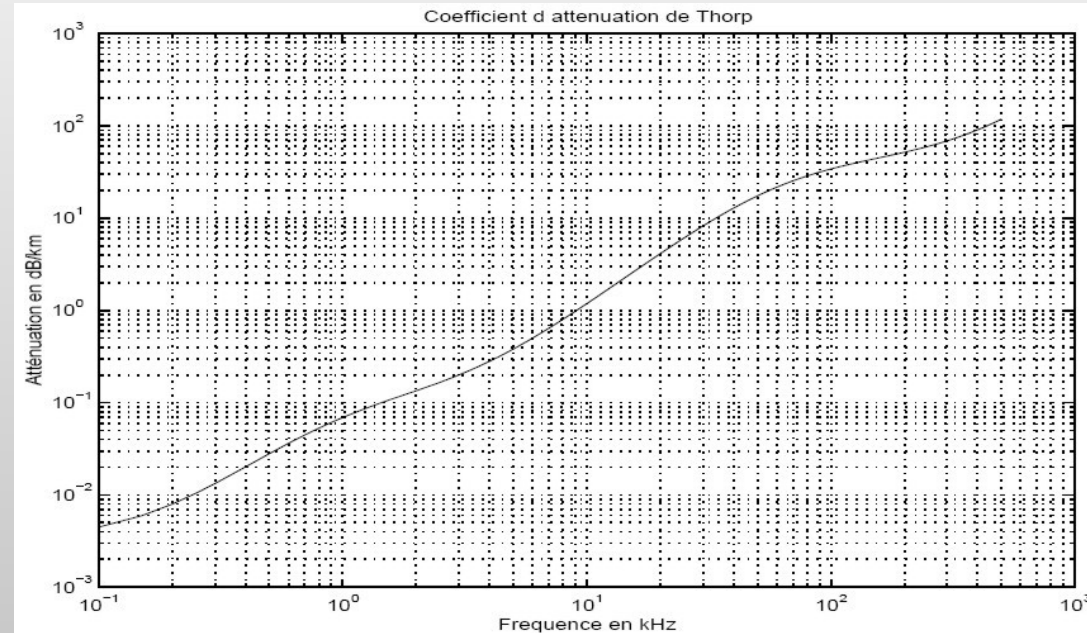
L'atténuation dépend du carré de la fréquence :

L'approximation de l'atténuation est donnée par la formule de Thorp, Shulkin, March et Fisher-Simmons :

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

α est l'atténuation (dB/km),

f est la fréquence en kHz.



d'après X. Demoulin

Le niveau de pression chute de 6dB à chaque fois que l'on double la distance

Un son de 230dB à 1 mètre de la source chute à 224dB à 2m, 218dB à 4m, 212dB à 8m, 170dB à 1km (si on considère le milieu homogène ce qui n'est pas le cas)

Propagation

$$\Delta p(x, y, z, t, T) - \frac{1}{c(x, y, z, T)^2} \frac{\partial^2 p(x, y, z, t, T)}{\partial t^2} = 0$$

Sonar actif :

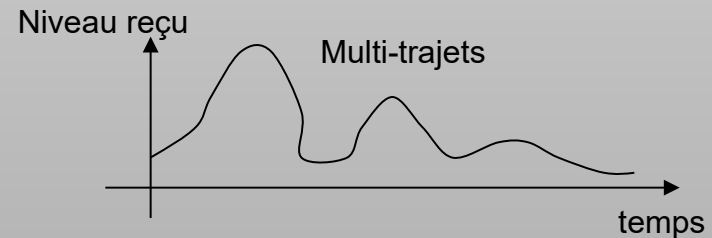
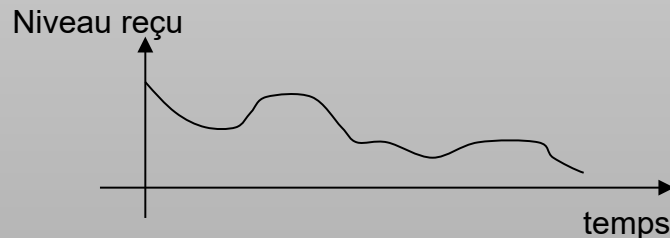
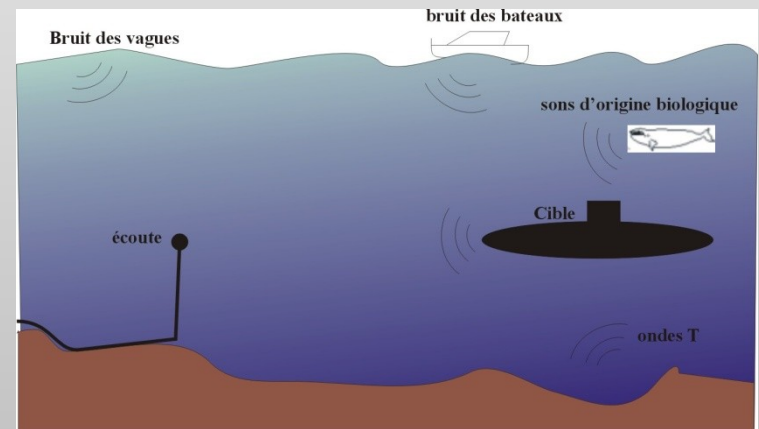
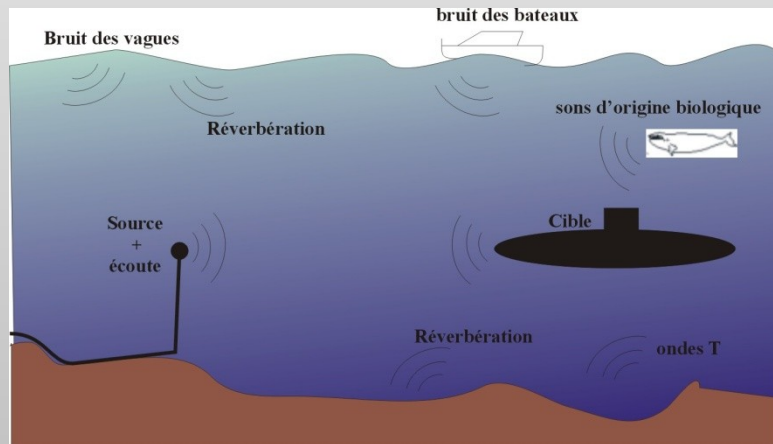
$$NR = NE - 2PT + IC + NB + GD + GT$$

Sonar passif :

$$NR = NE - PT + NB + GD + GT$$

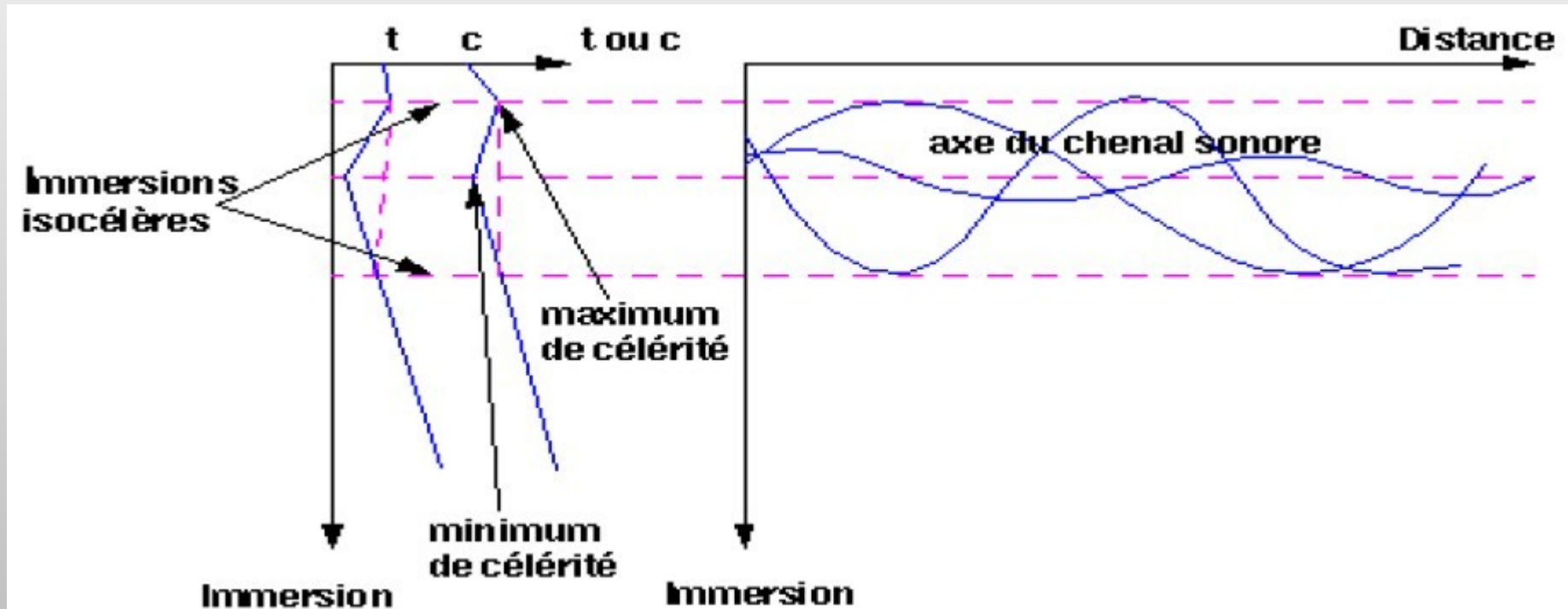
NR : niveau reçu, NE : niveau émis, PT : pertes de transmission,

IC : index de cible, NB : niveau de bruit, GD: gain d'antenne, GT : gain de traitement



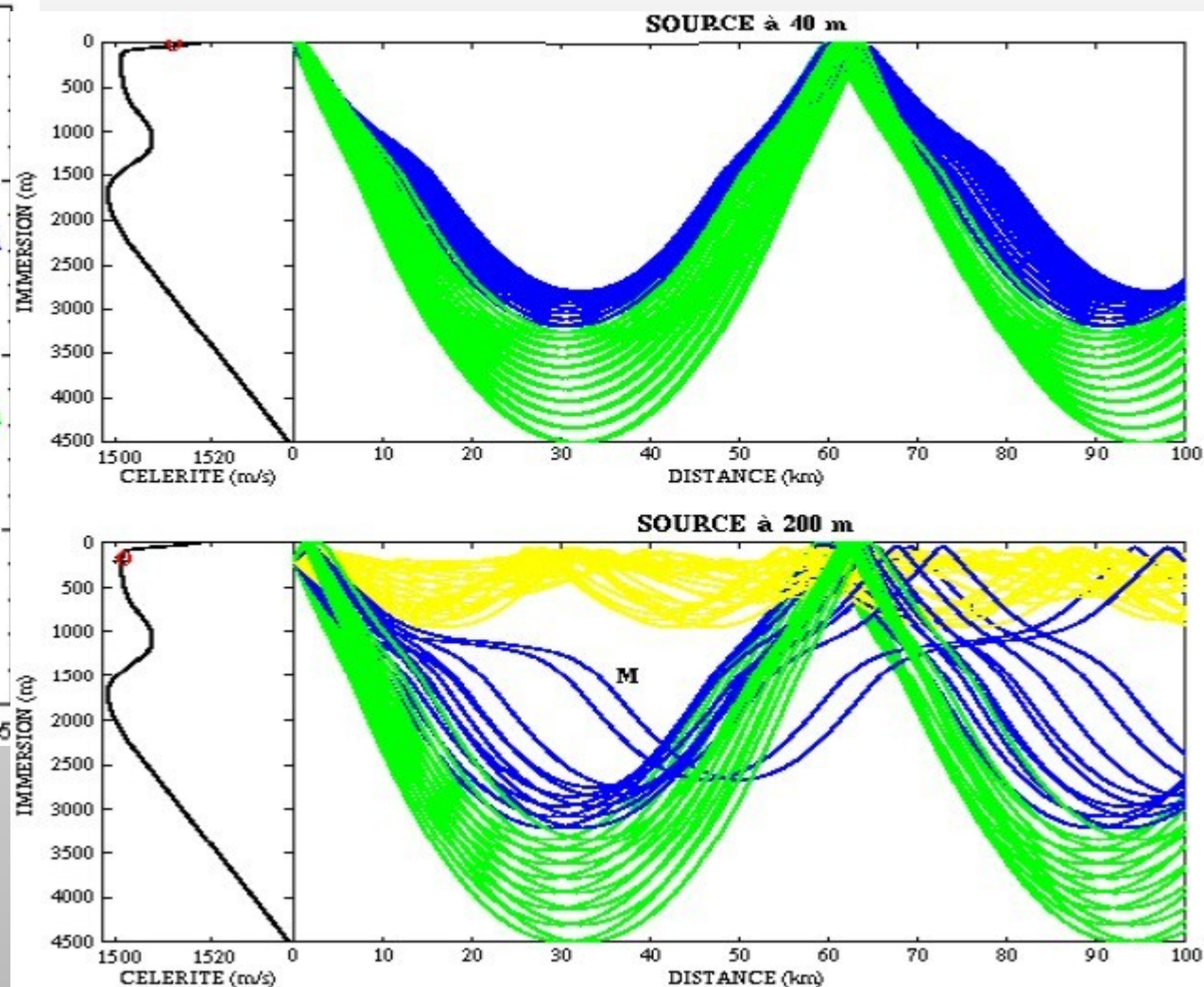
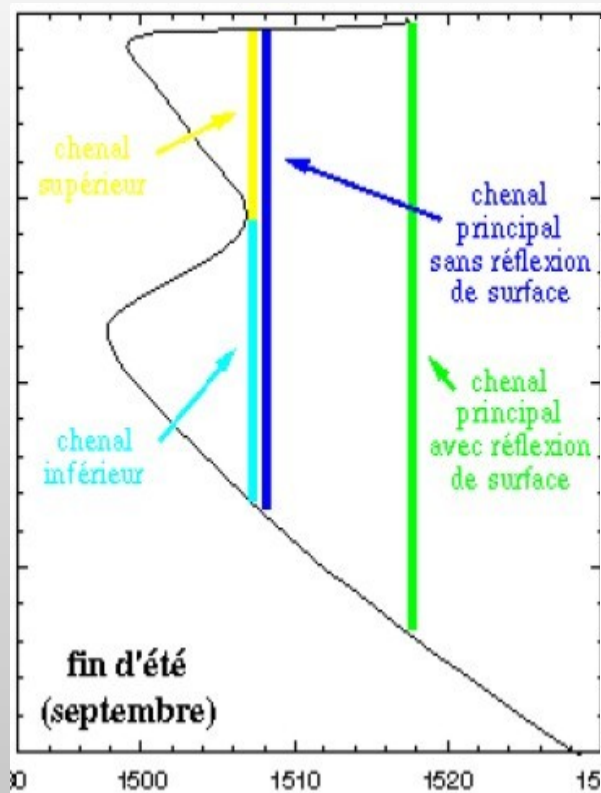
Définition d'un chenal sonore

Les variations bathymétriques créent des chenaux sonores,
équivalent à des guides d'ondes



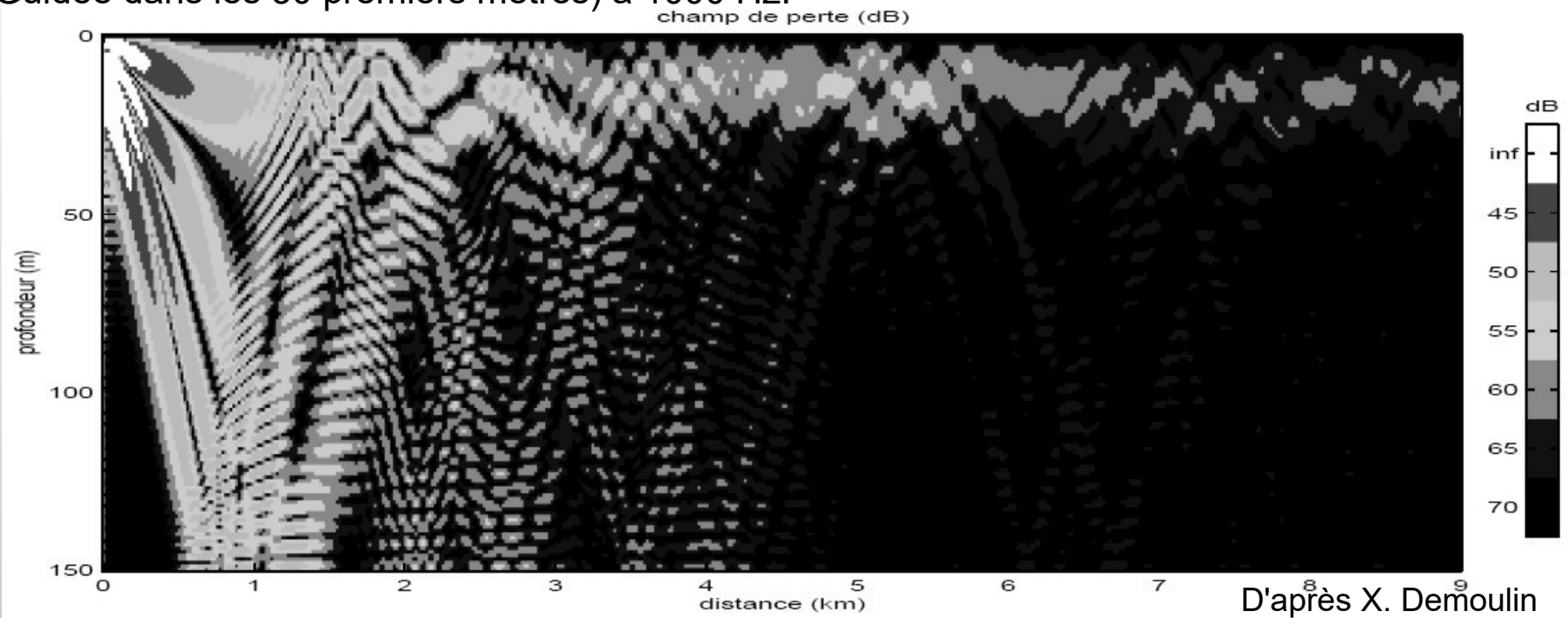
D'après X. Demoulin

Ces chenaux peuvent être renforcées par les réflexions en surface

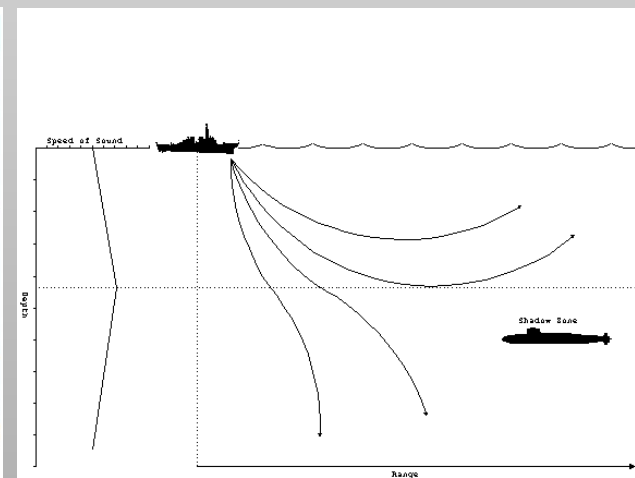
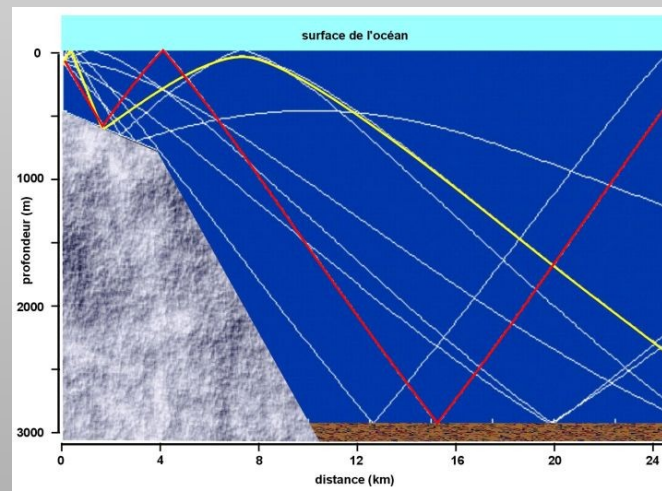


D'après X. Demoulin

Champ de pertes avec présence d'un chenal de surface (propagation Guidée dans les 30 premiers mètres) à 1000 Hz.



Notion de mirage
acoustique



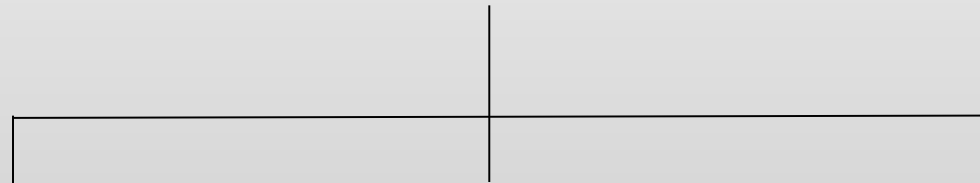
Propagation acoustique sous-marine

Equation d'onde

$$\Delta p(x, y, z, t, T) = \frac{1}{c(x, y, z, T)^2} \frac{\partial^2 p(x, y, z, t, T)}{dt^2}$$

Equation d'Helmhotz

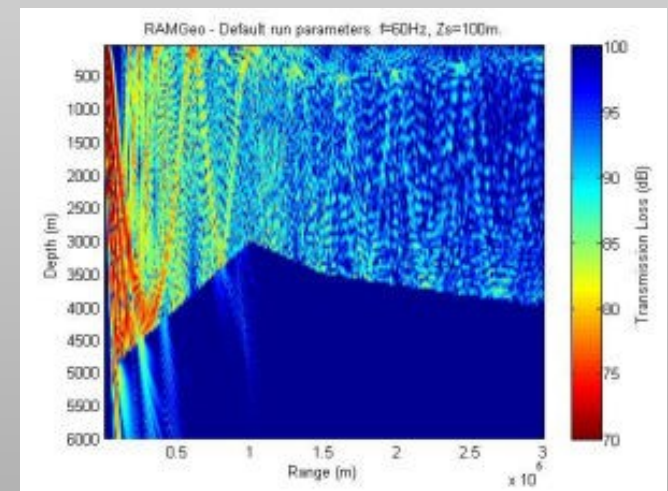
$$\Delta p + \frac{\omega^2}{c^2} p = 0$$



Solutions	Théorie des rayons	Mode normaux	Equation parabolique
	$p(r) = a(r)e^{jb(r)}$	$p(r, z) = F(z)G(r)$	$p(r, \theta, z) = F(r, \theta, z)G(z)$
Méthodes	Bellhop, Ray	Kraken	RAM

Applications Déclinaisons locales (bathymétrie, célérité)
Problème inverse

Estimation Calcul d'incertitude
Situation grands fonds / petits fonds



Propagation acoustique sous-marine

Objectifs

estimation des distances source-récepteur

Avantage

tient compte de la fréquence

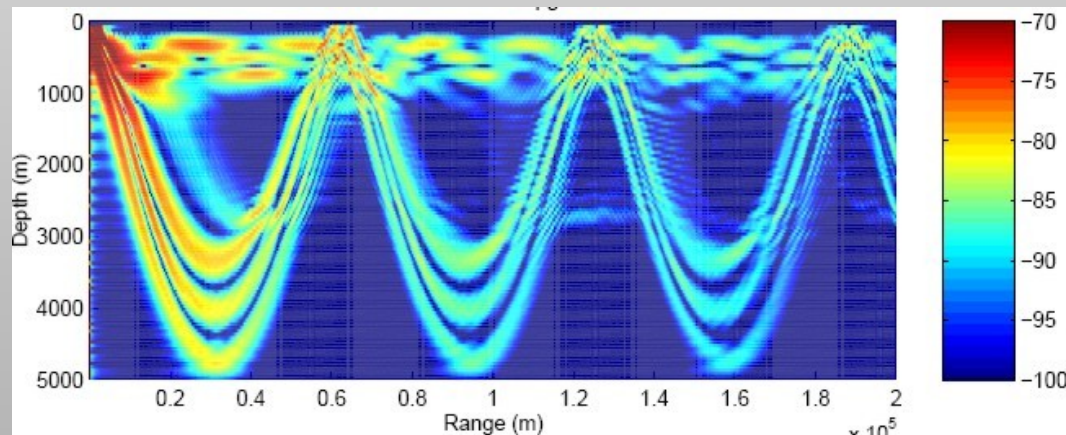
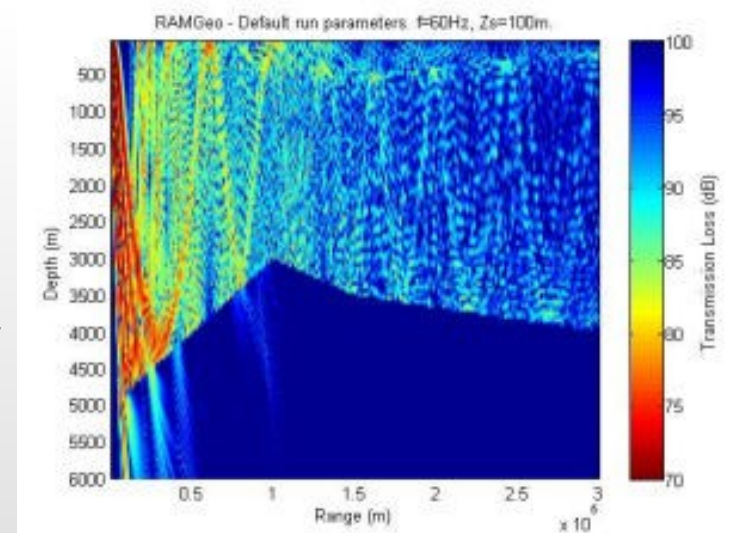
tient compte de l'intensité acoustique à la source

Inconvénients

présence de bruit

mono-fréquentiel

estimations se dégradent avec la distance





PLAN

Les méthodes d'observation des cétacés

Exemples de sons émis par les cétacés

Un système auditif adapté

Rappels sur l'acoustique sous-marine

Le bruit sous-marin

Objectifs des observations par acoustique passive

Le matériel

Les travaux réalisés : les cachalots, les baleines bleues

Les projets en cours : la déprédation, les baleines à bosse

le recensement des cétacés de Guadeloupe

Conclusion

Le monde du silence

Présence d'un bruit ambiant permanent

Un monde bruyant

Bruit d'origine naturelle et biologique

vagues, vent et pluie à la surface de l'eau, craquements de glaciers, mouvements de plaques tectoniques, volcanisme sous-marin, crissements de crustacés, sons émis par les poissons et les cétacés

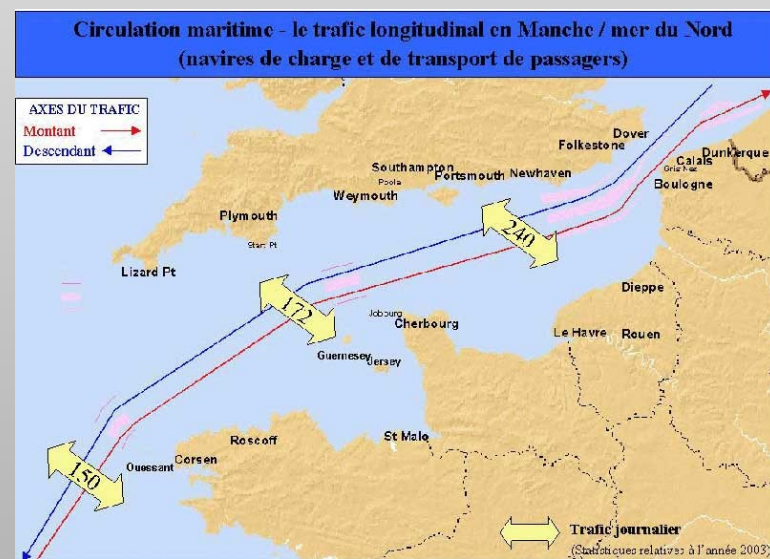


Le monde du silence

Le transport maritime

Bruit des hélices: de 10 à 200 Hz
190 dB

Mer du Nord: 20% du trafic mondial,
transit annuel de 275 millions de tonnes
de produits dangereux dont 85% d'hydrocarbures.
700 à 800 bateaux par jour
dans le détroit du Pas de Calais,
une moyenne de 70 000 passagers par jour
entre la Grande-Bretagne et la France,
1000 bateaux de pêche



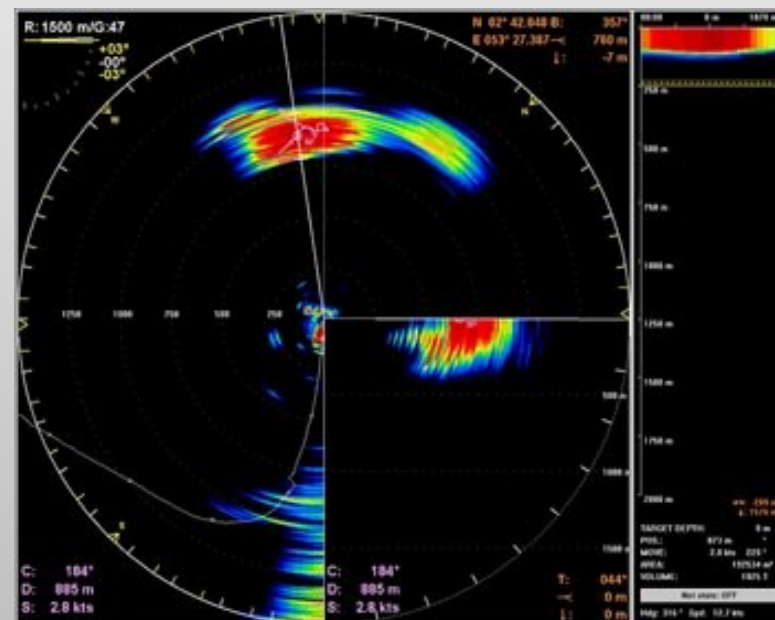
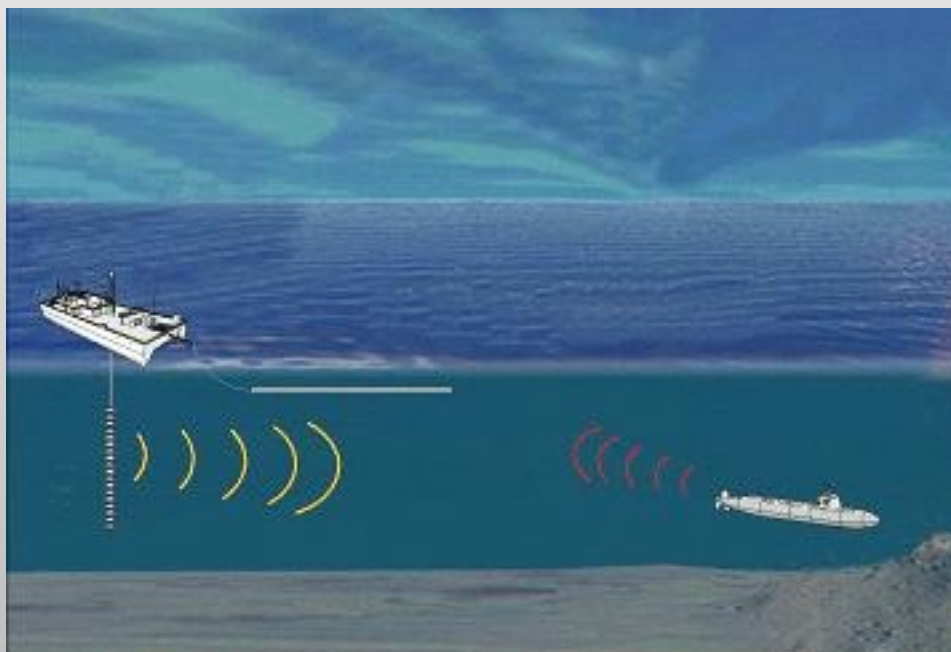
Le monde du silence

Sonars militaires et civils

Sonars à basse fréquence: 100 à 500 Hz - 215 à 230 dB

Sonars à moyenne fréquence: 2 à 10 kHz – 235 dB

Sonars à haute fréquence: 20 à 200 kHz – 150 dB



Un sonar à moyenne fréquence et 235 dB peut être entendu à 160 km

Le monde du silence

Prospection : utilisation de canons à air – 50 à 200 Hz – 250 dB

Extraction : construction de plate-formes, installation de pipeline

500 nouveaux puits de pétrole sont forés chaque année
sur le plateau continental des Etats-Unis

Peut être entendu à 1000 km

(Nieukirk, SL., Stafford, KM., Mellinger, DK, Dziak, RP., and Fox, CG (2004).

Low-frequency whale and seismic airgun sounds recorded in the mid-Atlantic Ocean. JASA. 115:1832-1843)



Le monde du silence

1. Pêche commerciale

2. Compétition homme/cétacés

Thon rouge au large du Maroc
Légine dans les TAAF



3. Prise accidentelle de cétacés dans les filets

WWF: 300 000 cétacés/an



4. Utilisation de Pingers



Modélisation du bruit

Composante très basse fréquence 20-500 Hz

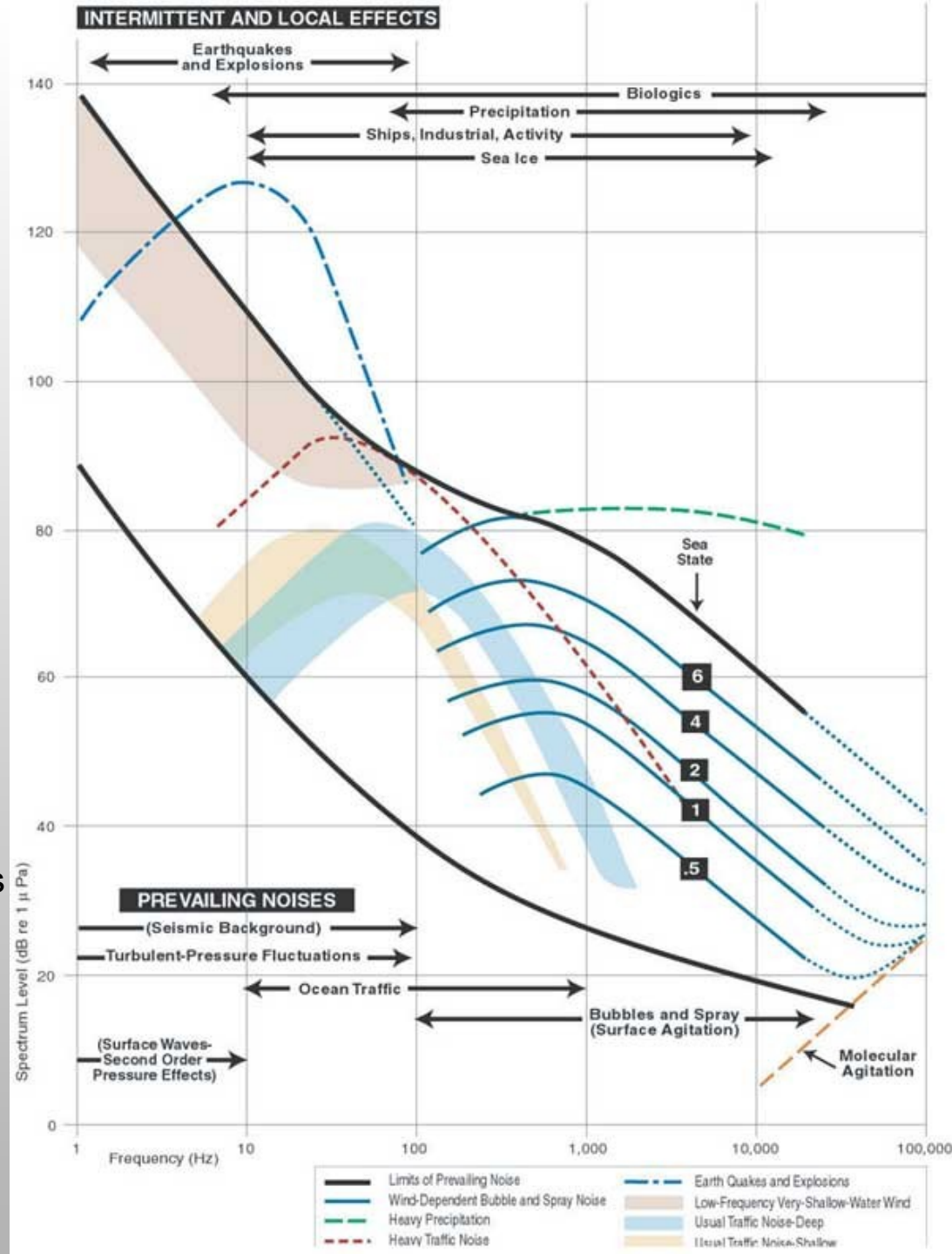
bateaux
(proches et plus ou moins distants)

Composante moyenne fréquence 500Hz – 100kHz

jet et bulles associées aux vagues

Composante haute fréquence > 100kHz

mouvement aléatoire des molécules
appelé bruit thermique



Bilan sur les bruits

Sons enregistrés

Bruits anthropogéniques

Ships Underway	Intensité (dB at 1 m)
Tug and Barge (18 km/hr)	171
Supply Ship (<i>Kigoriak</i>)	181
Large Tanker	186
Icebreaking	193

Sismique	Intensité (dB at 1 m)
Airgun array (32 guns)	259 (peak)

Sonars militaires	Intensité (dB at 1 m)
AN/SQS-53C (U. S. Navy tactical mid-frequency sonar, center frequencies 2.6 and 3.3 kHz)	235
AN/SQS-56 (U. S. Navy tactical mid-frequency sonar, center frequencies 6.8 to 8.2 kHz)	223
SURTASS-LFA (100-500 Hz)	215 underwater dB for a single projector, with up to 18 projectors operating simultaneously in a vertical array

Etudes acoustiques sous-marines	Intensité (dB at 1 m)
Heard Island Feasibility Test (HIFT) (Center frequency 57 Hz)	206 underwater dB for a single projector, with up to 5 projectors operating simultaneously in a vertical array
Acoustic Thermometry of Ocean Climate (ATOC)/North Pacific Acoustic Laboratory (NPAL) (Center frequency 75 Hz)	195

Impacts sur les mammifères marins

Impacts : dépend de l'intensité, la gamme fréquentielle et la durée d'exposition

Impacts physiques : auditif, lésions, accidents de décompression

Sur le système auditif, pas vraiment étudié.

On distingue les pertes de seuil temporaires (temporary threshold shift - TTS) et permanentes (permanent threshold shift - PTS). La limite entre les 2 n'est pas établie mais on peut admettre que TTS peut devenir PTS si l'animal est exposé longtemps.

Impacts sur la perception et les émissions

Beluga ajuste leur clics d'écholocation à des fréquences plus hautes en présence de bruit de fond (Au, WW, Carder, DA, Penner, RH., and Scronce, BL. (1985), Demonstration of adaptation in beluga whale echolocation signals. JASA, 77:726-730).

Ils augmentent la fréquence de leur appels en présence de bruits de bateaux (Lesage, VC., Barette, M., Kingsley, CS. and Sjare, B. (1999) The effect of vessel noise on the vocal behavior of belugas in the St. Lawrence River Estuary. Marine Mammal Science, 15:65-84)

les globicéphales changent le type de leurs vocalisations en présence d'émissions de sonar militaire (Rendell, L. and Gordon, JCD. (1999) Vocal response of long-finned pilot whales (Globicephala melas) to military sonar in the Ligurian Sea. Marine Mammal Science, 15:198-204)

Les humpback whales rallongent le cycle de leur chant en présence de LFA (Miller, PJ, Biassoni, N, Samuels, A. and Tyack, PL. (2000) Whale songs lengthen in response to sonar. Nature, 405:903) (Fristrup, KM, Hatch, LT, and Clark, CW (2003) Variation in Humpback whale (Megaptera novaengliae) song length in relation to low-frequency sound broadcasts. JASA, 113:3411-3424)

Impact comportemental

Temps de respiration plus courte, éloignement des zones de bruit, modification des rythmes de plongées

Impacts du stress

Impacts écosystémiques

Impacts sur les mammifères marins

Evaluation des effets

Par analyse comportementale
(observations visuelles / acoustiques)

Par extension des travaux faits sur des animaux en captivité
(même espèce)

Par mesure du système auditif
(détection des pathologies auditives, échouages)

Impacts sur les mammifères marins

Echouages

Grèce 1996 : 12 baleines de cuvier après un exercice de l'OTAN

Bahamas 2000 : 17 baleines à bec après l'utilisation de sonars BF

Canaries 2002 : 14 baleines à bec suite à un exercice de l'OTAN



UNCLOS (United Nations Convention on the Law of the Sea), 1982

Les états ont l'obligation et la responsabilité de protéger et de préserver l'environnement marin, ainsi que de prévenir, de réduire et de contrôler la pollution océanique de toute origine.

EU – Habitats and Species Directive on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora, 1992

Interdiction de capturer ou de tuer délibérément un mammifère marin.

Interdiction de déranger délibérément un mammifère marin en particulier pendant la période de reproduction.

IUCN (Intergovernmental World Conservation Union)

Le Congrès de la Conservation Mondiale a approuvé en novembre 2004 une résolution qui appelle à une action internationale concernant le problème du bruit dans les océans.

IWC (International Whaling Commission - Commission Baleinière Internationale)

En 2004 son Comité Scientifique a publié une série de recommandations concernant l'utilisation des sonars militaires, les mesures d'atténuation et le monitoring des opérations sismiques ainsi que des recommandations générales pour lutter contre le bruit océanique.

WDCS (Whale and Dolphin Conservation Society)

Elle a également publié une série de recommandations et organise des workshops au sujet du bruit anthropogène.

CBD (Convention on Biological Diversity), 1992

Le principe 15 de la déclaration du Sommet de la Terre de Rio demande déjà l'application du principe de précaution

Les mesures

Les accords régionaux



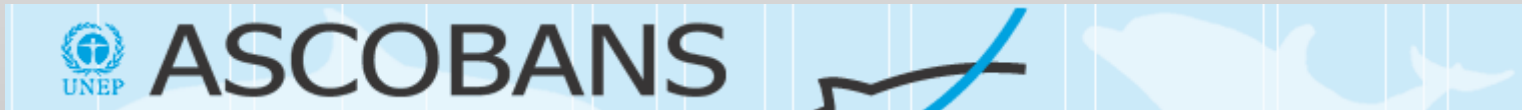
ACCOBAMS (Agreement on the Conservation of Cetaceans of the Black and Mediterranean Seas and contiguous waters), 1996 (effectif depuis 2001)

But : réduction des menaces qui pèsent sur les cétacés de ces petites mers intérieures et d'améliorer les connaissances sur ses animaux.

Programme de recherche pour évaluer les impacts du bruit anthropogène dans la mer des Ligures (Tyack report to ACCOBAMS).

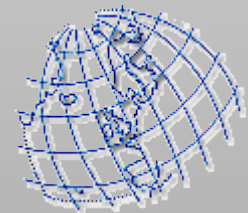
ASCOBANS (Agreement for Small Cetaceans of the Baltic and North Seas)

Concerne les odontocètes à l'exception des cachalots.



OSPAR (Oslo and Paris) – Convention for the protection of the marine environment of the north-east atlantic, 1992 (effectif depuis 1998)

But : protection de l'environnement marin contre la pollution d'origine humaine, énergie incluse.





PLAN

Les méthodes d'observation des cétacés

Exemples de sons émis par les cétacés

Un système auditif adapté

Rappels sur l'acoustique sous-marine

Le bruit sous-marin

Objectifs des observations par acoustique passive

Le matériel

Les travaux réalisés : les cachalots, les baleines bleues

Les projets en cours : la déprédation, les baleines à bosse

le recensement des cétacés de Guadeloupe

Conclusion

Dans les enregistrements sonores

Des sons complexes que l'on peut classer en 2 groupes

1. Les vocalises (équivalents des sons voisés en Parole)

Ces signaux sont émis par l'ensemble des cétacés

Il s'agit de sifflements, de chants harmonieux, de chirps...

Signaux basses fréquences: baleines à bosses, rorqual

Signaux moyennes et hautes fréquences: dauphins, orques

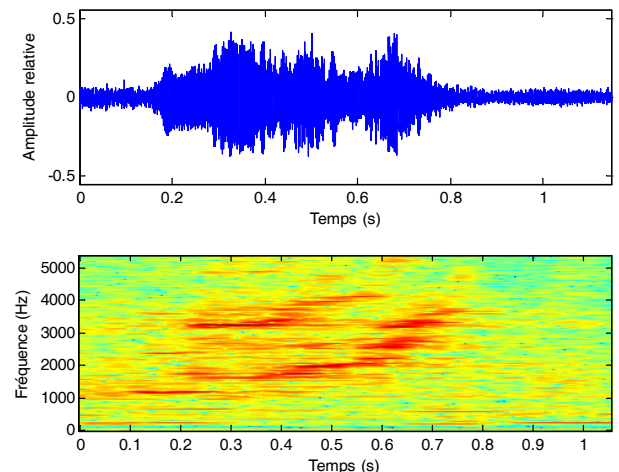
2. Les clics (équivalent aux plosives en Parole)

Ces signaux sont émis par les odontocètes

Il s'agit de signaux brefs, transitoires, de type impulsionnel

Signaux puissant et à rythme lent: cachalot

Signaux à rythme plus élevé: dauphins, orques



A partir des sons émis par les mammifères marins, on peut

1. **Savoir s'ils sont présents.** Il s'agit d'observations acoustiques, approche complémentaire à l'observation visuelle
2. **Les comptabiliser.** Il s'agit d'effectuer leur recensement.
3. **Les localiser.** Il s'agit de savoir s'ils sont présents sur une certaine zone. Définition d'indice de fréquentation, en fonction de la date, des espèces...
4. **Les suivre.** Il s'agit de relever leurs positions successives et de retracer leurs trajectoires, soient instantanées (stratégies de chasse) soit à moyen terme (déplacement pendant plusieurs jours).
5. **Les identifier.** Il s'agit d'indiquer l'espèce et éventuellement identifier un individu. on parle alors de signature acoustique.
6. **Les caractériser.** Il s'agit d'en déduire des informations particulières sur l'animal qui a émis ces sons: sa taille, son sexe, son âge, son état de santé...



PLAN

Les méthodes d'observation des cétacés

Exemples de sons émis par les cétacés

Un système auditif adapté

Rappels sur l'acoustique sous-marine

Le bruit sous-marin

Objectifs des observations par acoustique passive

Le matériel

Les travaux réalisés : les cachalots, les baleines bleues

Les projets en cours : la déprédation, les baleines à bosse

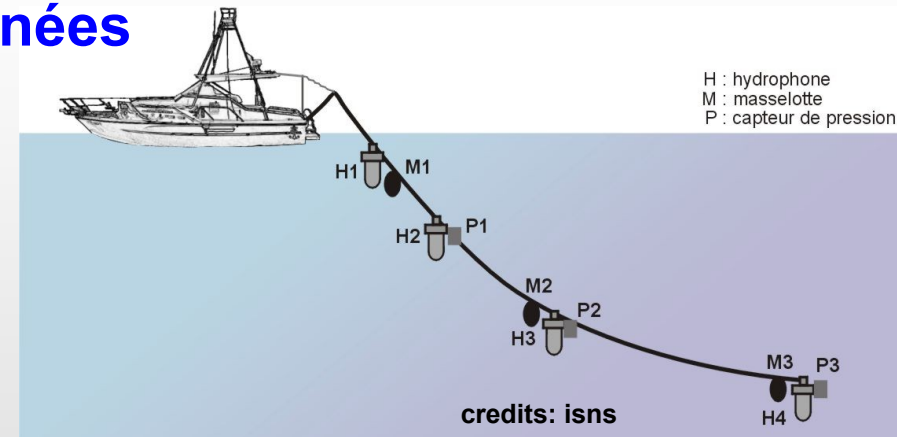
le recensement des cétacés de Guadeloupe

Conclusion

Observations acoustiques instantanées

1. Observations occasionnelles

Hydrophones
à partir d'un bateau
disposés en surface ou sur le fond marin



Matériels

Hydrophones (B&K, Reson, ColmarItalia, CRT, Nauta...)
AURAL (Multi-Electronique)
OBH & OBS

Objectifs

Détection
Suivi de trajectoires
Routes migratoires

Enregistrements limités dans le temps
($< 3-6$ mois)

Autonome, opportuniste

Enregistrements de cachalots, baleines
franches, baleines bleues, baleines grises,
baleines à bosse...



Observations acoustiques occasionnelles

- 2. DTAG** Module électronique avec
- 1 capteur de pression
 - 1 capteur de température
 - 1 accéléromètre 3D
 - 1 gyroscope 3D
 - 2 hydrophones
 - 1 processeur et 1 carte mémoire
 - 1 batterie



credits: Tyack & Johnson



Objectifs

Analyses des sons
Suivi de trajectoires
Analyse comportementale

Enregistrements de courte
durée (< 1 jour)

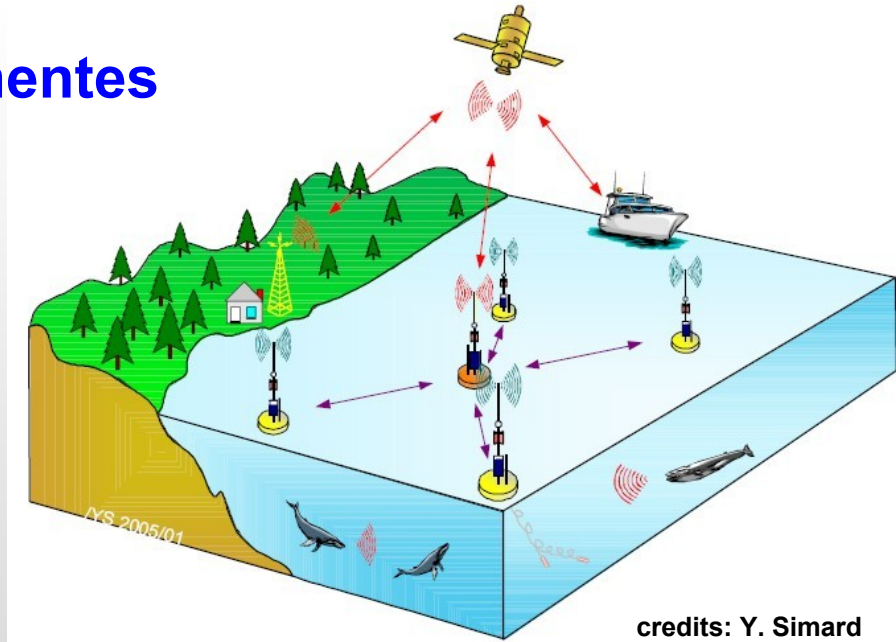
Système d'attache à l'animal

Enregistrements de cachalots, baleines
franches, baleines à bec, baleines à bosse

Observations acoustiques permanentes

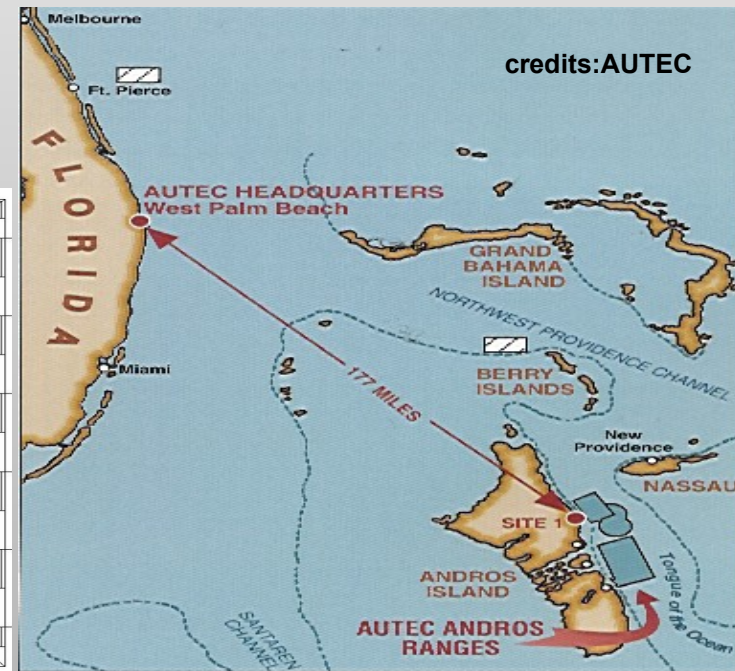
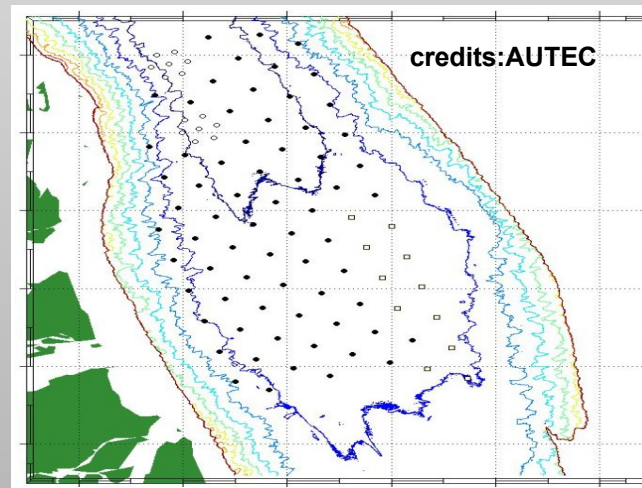
Installation civile

Par exemple:
satellite buoy network for real-time acoustic localization of whales in the St. Lawrence



Installation militaire

Par exemple:
Atlantic undersea Test & Evaluation Center (AUTEC) / Tongue of The Ocean (TOTO)

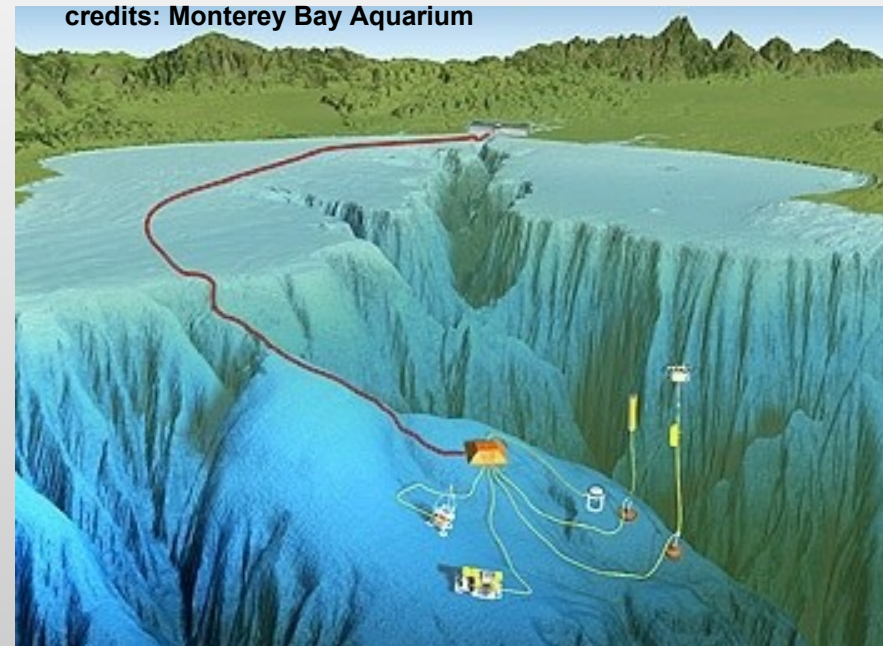


Observations acoustiques permanentes

Des projets ambitieux pluridisciplinaires !

MBARI/MARS (www.mbari.org/mars)

Monterey Bay Aquarium Research Institute
Monterey Accelerated Research System
Monterey Bay, sud de San Francisco
52km de câble sous-marin
900m de profondeur
Système modulaire

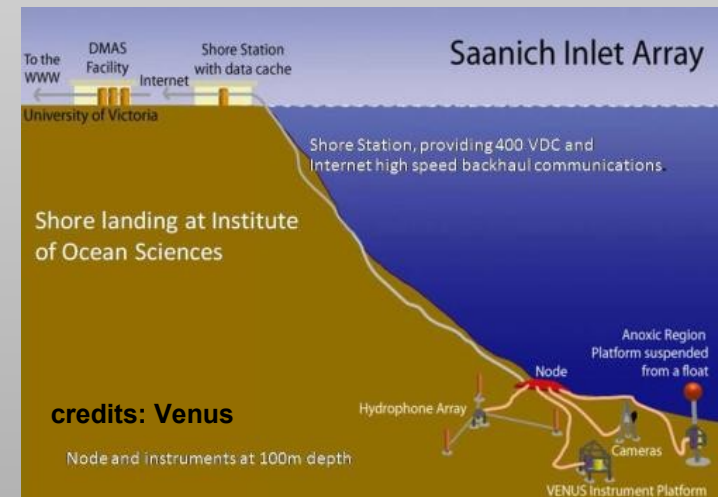


NEPTUNE (www.neptune.washington.edu)

Canada
Nord-ouest de l'Amérique/Canada
200 000 km²
3000 km cable (fibre optique et câble électrique)

VENUS (www.venus.uvic.ca)

Victoria Experimental Network Under the Sea
Southern British Columbia, Canada
Camera vidéo, réseau d'hydrophones



Observations acoustiques permanents

ESONET (www.esonet-emso.org/)
European Seafloor Observatories Network

Multidisciplinary European Network of Excellence (NoE)
De l'océan arctique à la mer noire – 15000 km



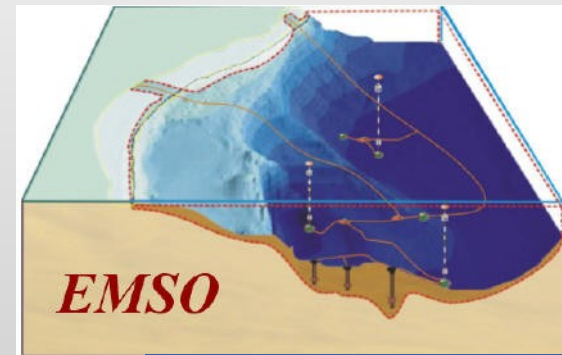
ESMO (www.esonet-emso.org/)
European Multidisciplinary Seas Observation

ANTARES (antares.in2p3.fr/)

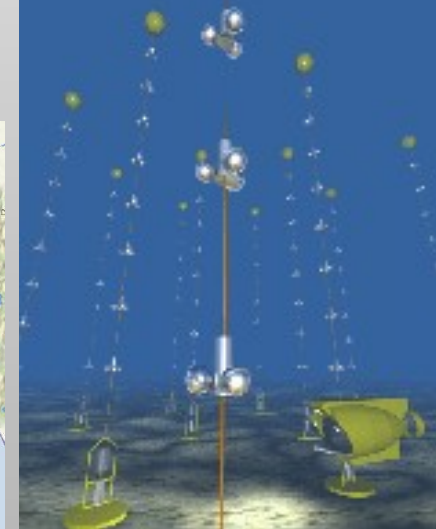
Détecteur de neutrinos

ANTARES est inclus dans ESONET-ESMO. Il s'agit d'un noeud régional.

- Sismologie marine
- Caractéristiques de la colonne d'eau
- Changements climatiques
- Écologie marine



credits: Antares





PLAN

Les méthodes d'observation des cétacés

Exemples de sons émis par les cétacés

Un système auditif adapté

Rappels sur l'acoustique sous-marine

Le bruit sous-marin

Objectifs des observations par acoustique passive

Le matériel

Les travaux réalisés : les cachalots, les baleines bleues

Les projets en cours : la déprédation, les baleines à bosse

le recensement des cétacés de Guadeloupe

Conclusion

Détection et localisation des cachalots par acoustique passive

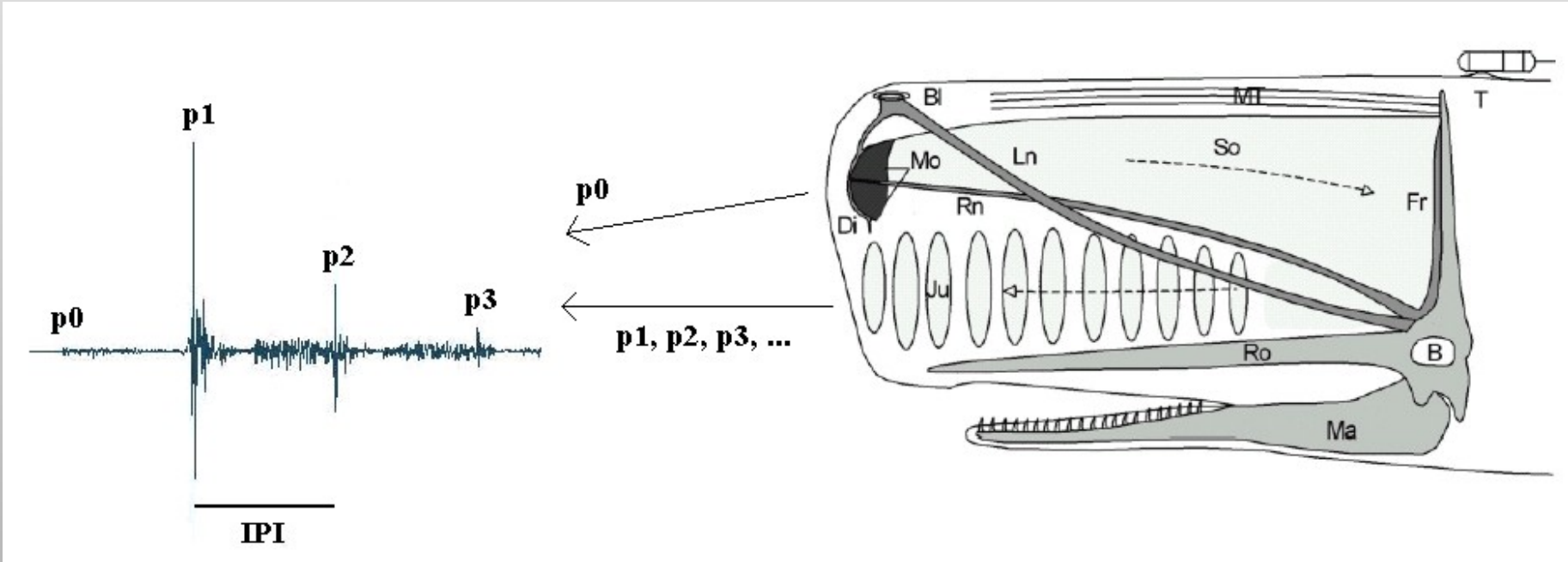
Modélisation Analyse des clics émis par le cachalot
à partir du modèle de Mohl (2003)

Structure Sons multipulsés



Intérêt Estimation de la taille de l'animal
$$IPI = \frac{2DF}{c_s}$$

Résultats Mise en évidence de pulses intermédiaires
Caractérisation du lacet, tangage, roulis



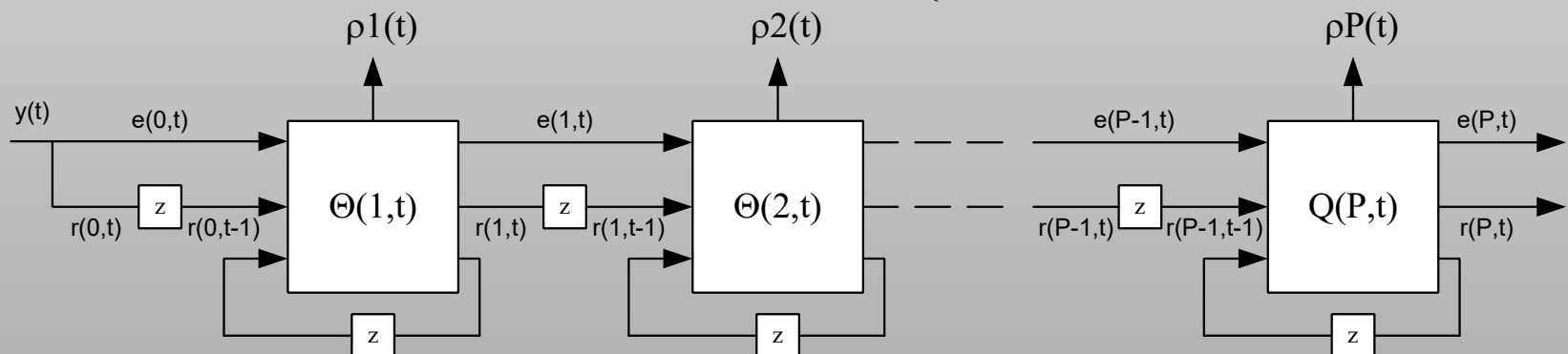
Détection et localisation des cachalots par acoustique passive

Modélisation	Analyse des clics émis par le cachalot à partir du modèle de Mohl (2003)
Structure	Sons multipulsés
Intérêt	Estimation de la taille de l'animal
Résultats	Mise en évidence de pulses intermédiaires Caractérisation du lacet, tangage, roulis

Objectifs Détection automatique des clics

Méthodes Représentations temps-fréquence
spectrogramme
transformée en ondelettes
algorithme de Schur
transformée de Hilbert Huang

$$\begin{cases} \rho_{n+1}(t) = \rho_{n+1}(t-1) \left(1 - e_n^2(t)\right)^{\frac{1}{2}} \left(1 - r_n^2(t-1)\right)^{\frac{1}{2}} - e_n(t)r_n(t-1) \\ e_{n+1}(t) = \left(1 - \rho_{n+1}^2(t)\right)^{-\frac{1}{2}} \left(1 - r_n^2(t-1)\right)^{-\frac{1}{2}} [e_n(t) + \rho_{n+1}(t)r_n(t-1)] \\ r_{n+1}(t) = \left(1 - \rho_{n+1}^2(t)\right)^{-\frac{1}{2}} \left(1 - e_n^2(t)\right)^{-\frac{1}{2}} [\rho_{n+1}(t)e_n(t) + r_n(t-1)] \end{cases}$$

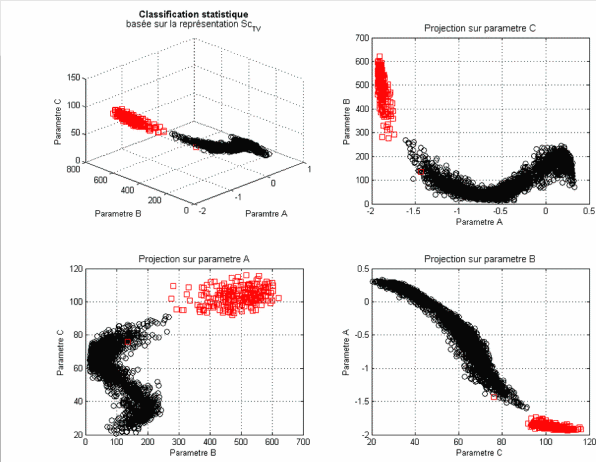
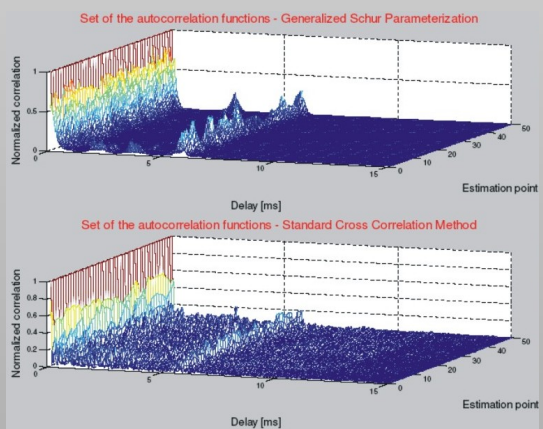


Détection et localisation des cachalots par acoustique passive

Modélisation	Analyse des clics émis par le cachalot à partir du modèle de Mohl (2003)
Structure	Sons multipulsés
Intérêt	Estimation de la taille de l'animal
Résultats	Mise en évidence de pulses intermédiaires Caractérisation du lacet, tangage, roulis
Objectifs	Détection automatique des clics
Méthodes	Représentations temps-fréquence spectrogramme transformée en ondelettes algorithme de Schur transformée de Hilbert Huang

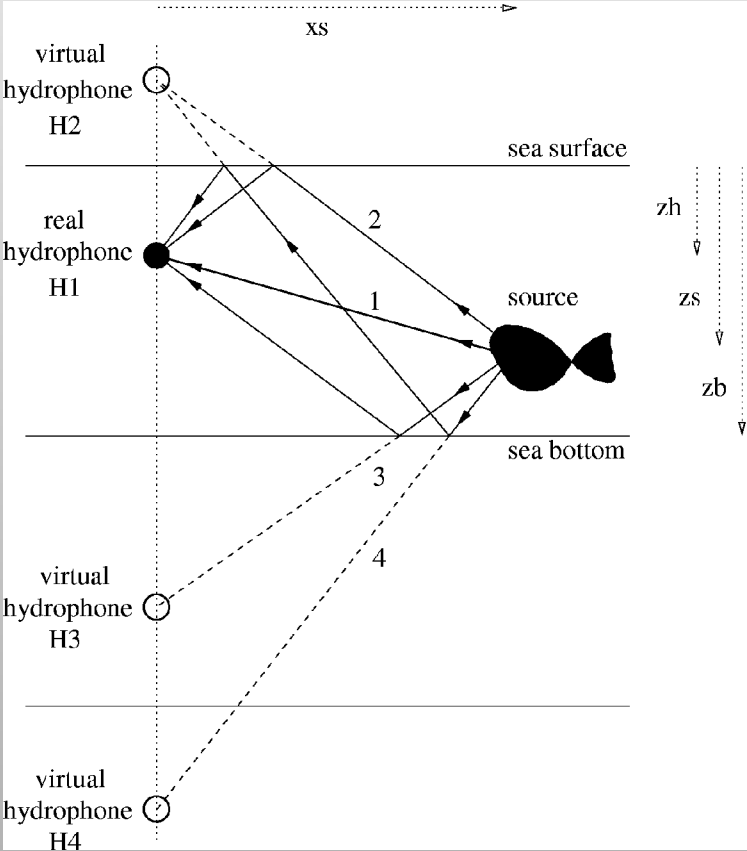
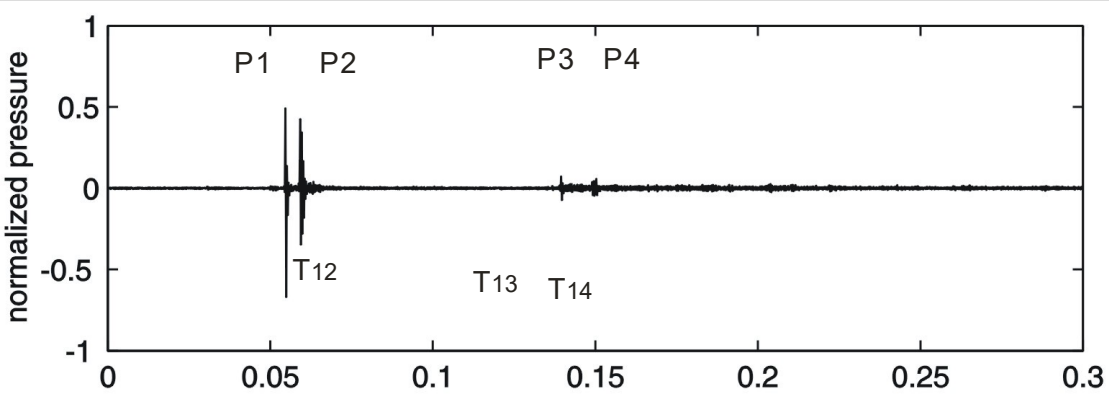
Applications

Détecteur Classifieur



Détection et localisation des cachalots par acoustique passive

Localisation	Mesure des retards de propagation Nécessite plusieurs hydrophones
Inconvénient	Pas adapté à une utilisation d'observation courante
Méthode	Utilisation d'un unique hydrophone
Principe	Utilisation du trajet direct et des échos

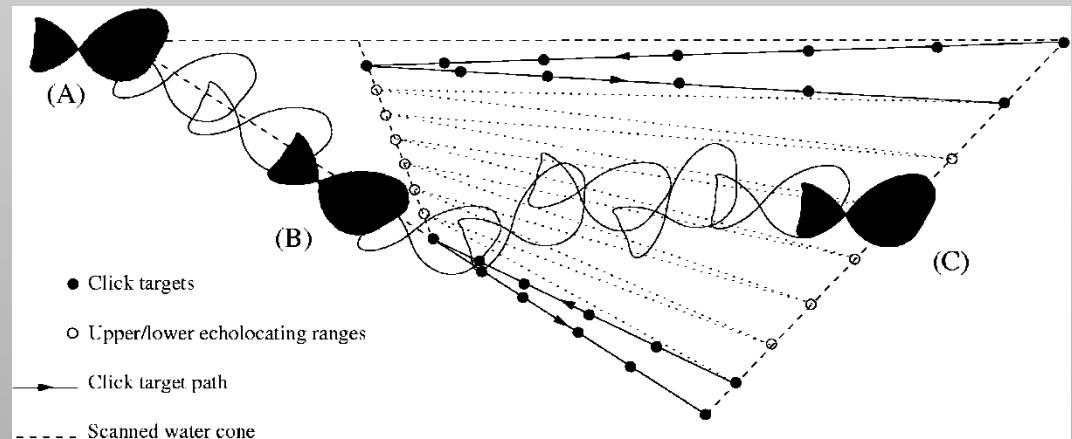
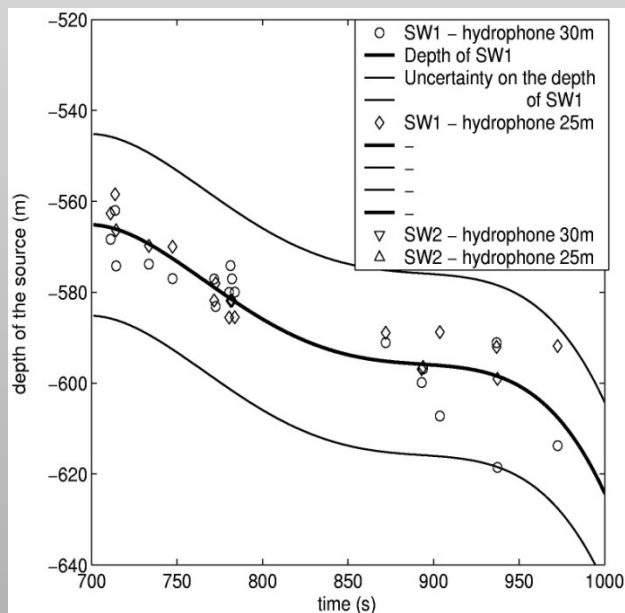


Calcul d'hyperboles

$$\frac{\left(z_e - \frac{d_{12}}{2}\right)^2}{a_{12}^2} - \frac{x_e^2}{b_{12}^2} - \frac{y_e^2}{b_{12}^2} = 1$$

Détection et localisation des cachalots par acoustique passive

Localisation	Mesure des retards de propagation Nécessite plusieurs hydrophones
Inconvénients	Pas adapté à une utilisation d'observation courante
Méthode	Utilisation d'un unique hydrophone
Principe	Utilisation du trajet direct et des échos
Résultats	Extraction des profils de plongée Distance par rapport à l'hydrophone Appréciation du tangage-roulis-lacet Matériel facilement déployable





PLAN

Les méthodes d'observation des cétacés

Exemples de sons émis par les cétacés

Un système auditif adapté

Rappels sur l'acoustique sous-marine

Le bruit sous-marin

Objectifs des observations par acoustique passive

Le matériel

Les travaux réalisés : les cachalots, les baleines bleues

Les projets en cours : la déprédation, les baleines à bosse

le recensement des cétacés de Guadeloupe

Conclusion

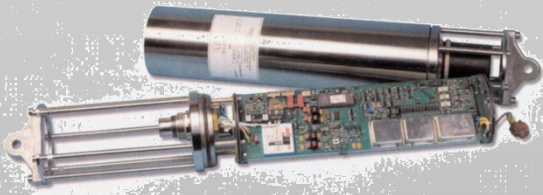
Détection et localisation des baleines bleues



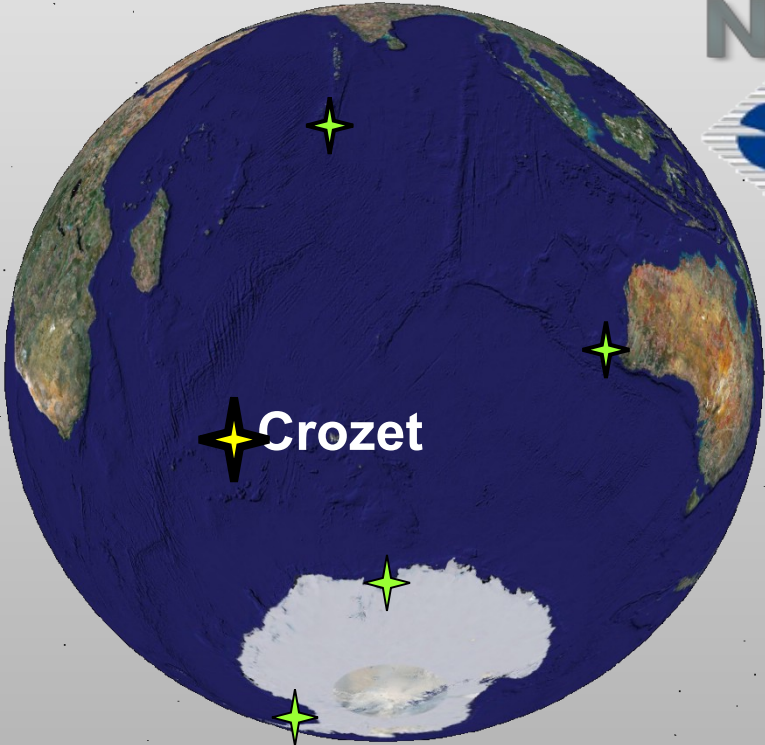
Collaborations CEBC-CNRS
CEA Bruyères-le-Châtel
NAMC – CNRS

Thèse F. Samaran
co-direction : C. Guinet, O. Adam

Objectifs Contribution au recensement de cette espèce
en voie de disparition

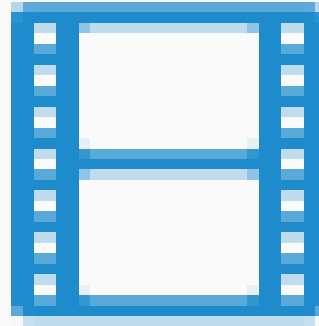


$f_c = 250 \text{ Hz}$, 24 bits,
 $S/N: 126.5 \text{ dB}$,
bande passante plate
($\pm 3 \text{ dB}$) [1.2-102.5 Hz]



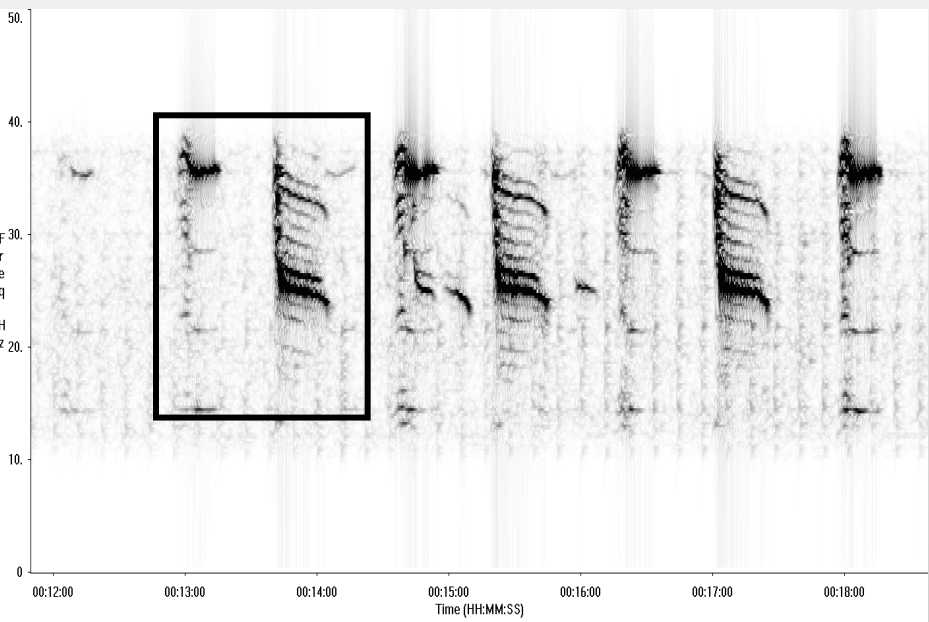
★ Stations fixes permanentes sismiques, océanographiques ou militaires

Détection et localisation des baleines bleues



Détection et localisation des baleines bleues

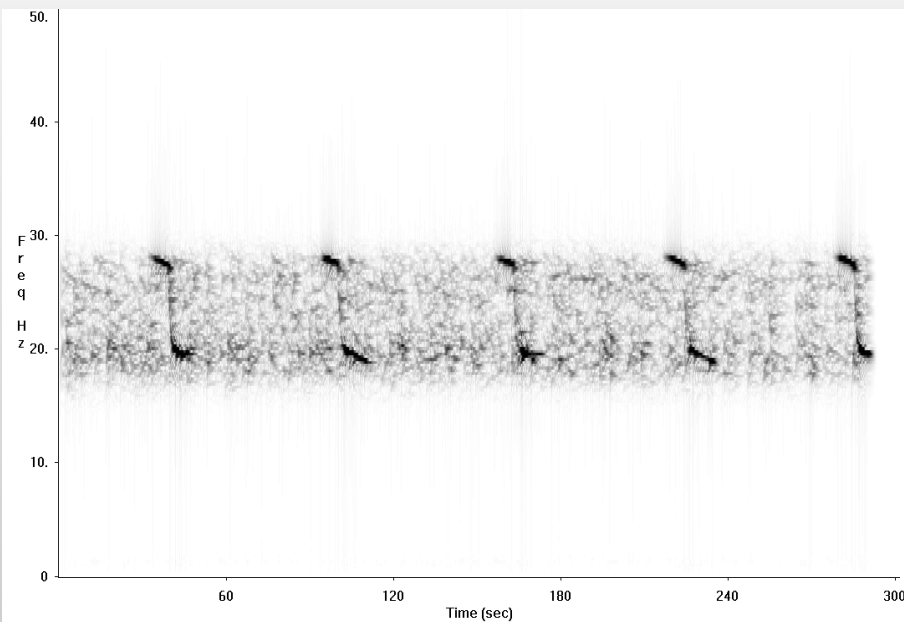
Baleine bleue Pygmée « Madagascar »



Durée totale : **$62.2 \pm 1.4s$**
Fréquence : **35.2 ± 0.2 et 25 ± 0.1 Hz**

Intervalle : **$99 \pm 3.1s$**
Série **[163-965s]**
Nb cris / série **[2-10]**

Baleine bleue Antarctique



Durée totale : **$17.1 \pm 2.5s$**
Fréquence : **27.9 ± 0.1 et 18.8 ± 0.4 Hz**

Intervalle : **$64 \pm 3.3s$**
Série **[217-1661s]**
Nb cris / séries **[4-28]**

Détection et localisation des baleines bleues

Méthode

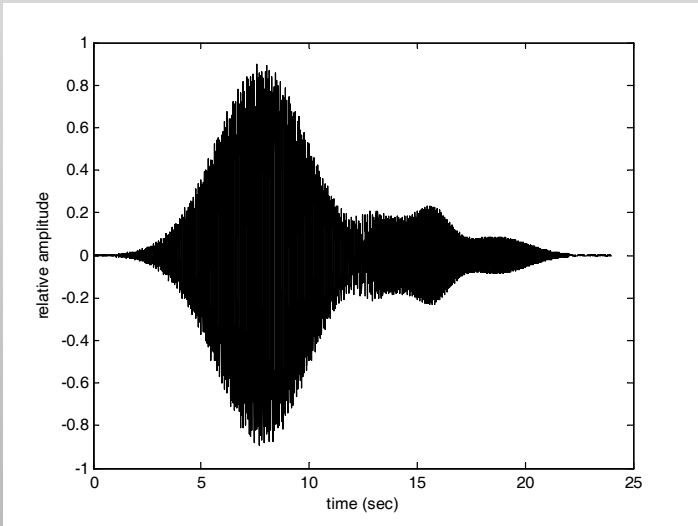
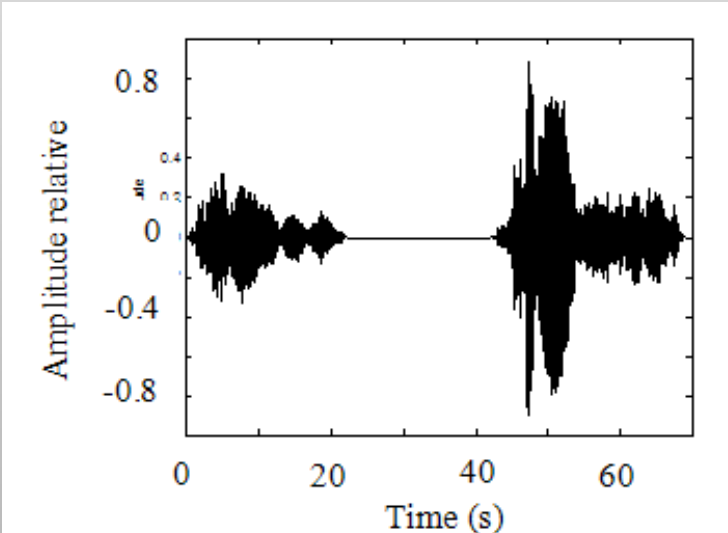
Définition d'un détecteur basé sur un filtre adapté

Template BMi

$$tpl_{BMi}[k] = 10.9 \times e^{-\left(\frac{k-2378}{372.4}\right)^2} \times \sin(2\pi f_1 k) + \left(0.4648 \times e^{-\left(\frac{k-2288}{420}\right)^2} + 2.659 \times e^{-\left(\frac{k-3353}{148.5}\right)^2} + 2.265 \times e^{-\left(\frac{k-3070}{169.4}\right)^2} + 1.081 \times e^{-\left(\frac{k-3730}{261.2}\right)^2} \right) \times \sin(2\pi f_2 k)$$

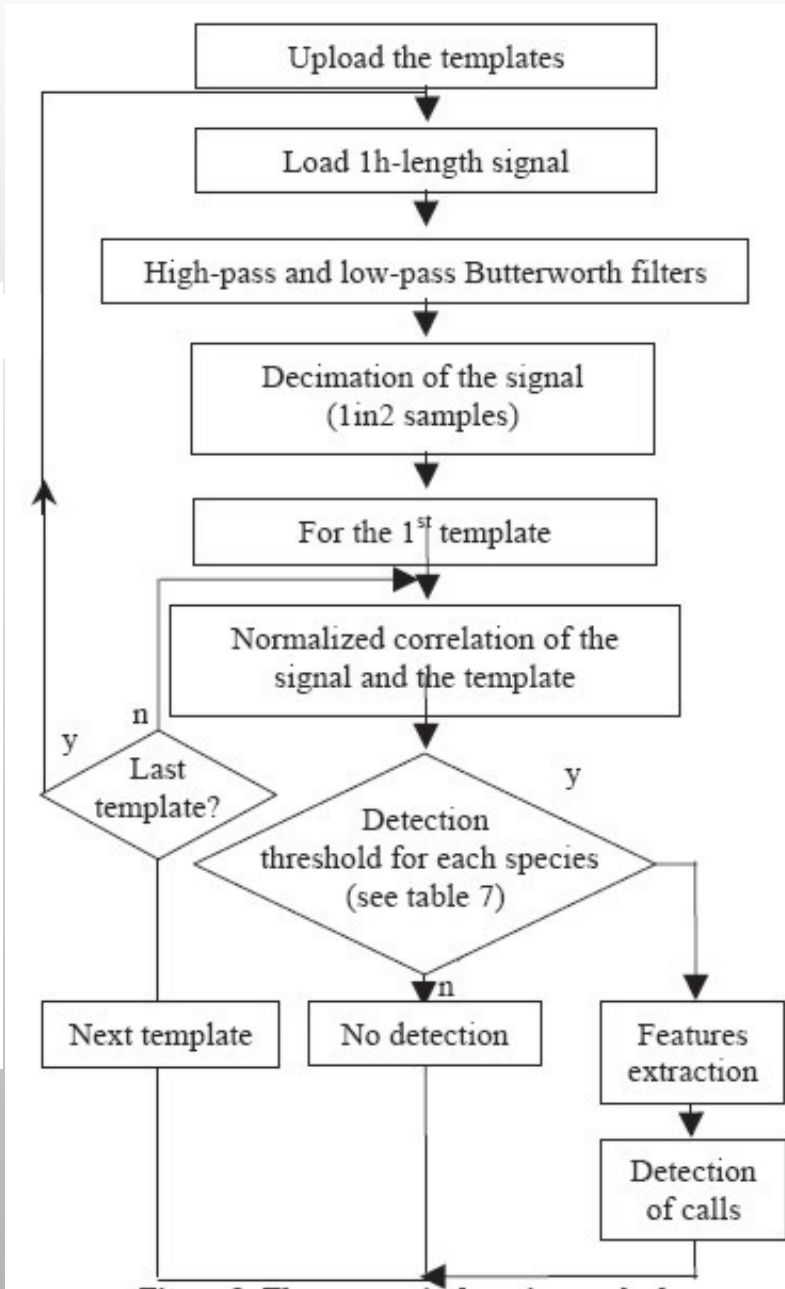
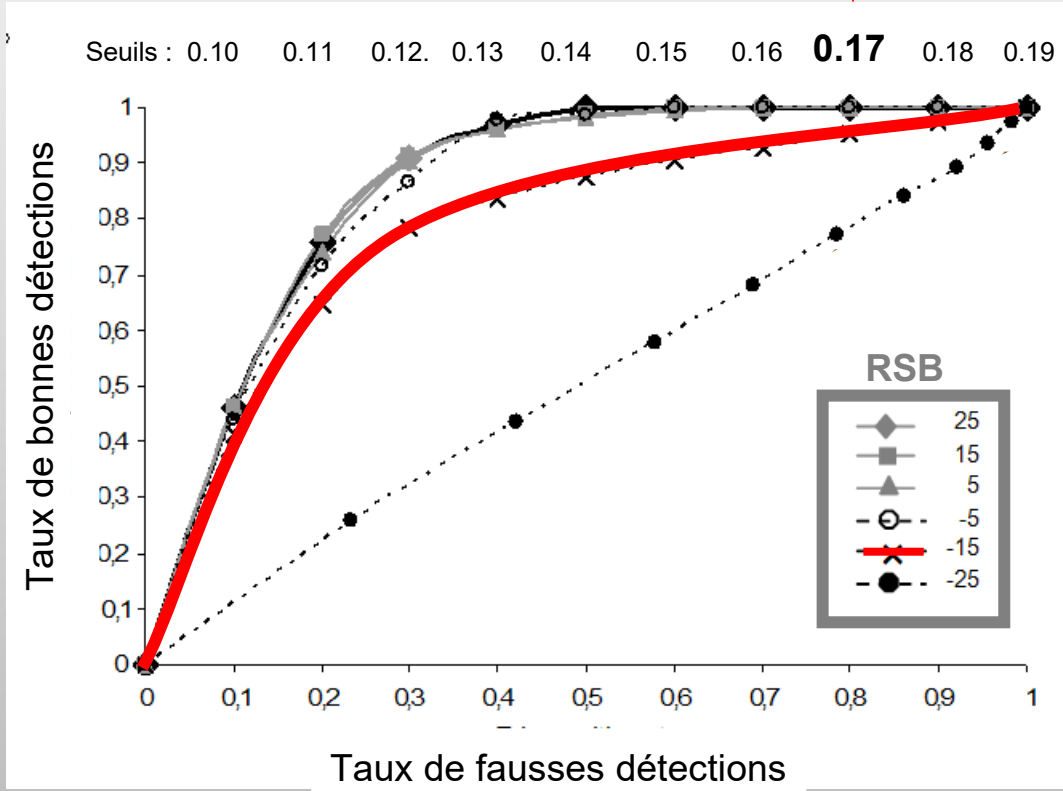
Template BMb

$$tpl_{BMb1}[k] = \sum_{i=0}^3 \left(\left(\sum_{j=0}^4 a_{ij}^{BMb1} \times e^{-\left(\frac{k_{ij}^{BMb1} - b_{ij}^{BMb1}}{c_{ij}^{BMb1}}\right)^2} \right) \sin(2\pi f_i^{BMb1} k) \right)$$



Détection et localisation des baleines bleues

Méthode Utilisation d'un filtre adapté

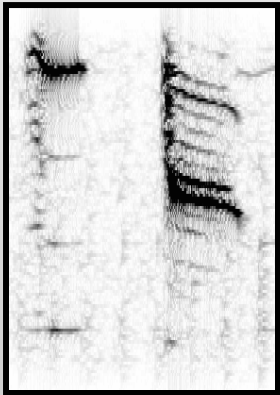


Détection et localisation des baleines bleues

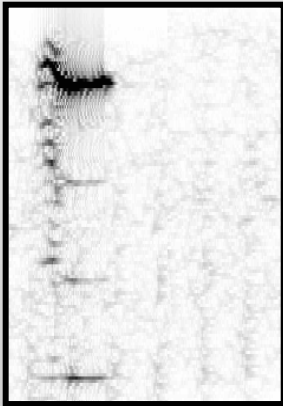
Nombre de cris détectés par bORie

Baleine bleue pygmée « Madagascar »

Baleine bleue Antarctique



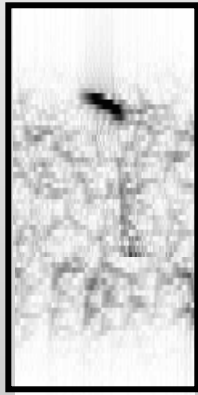
Cri complet



Cri incomplet



Cri complet



Cri incomplet

NORD

75 577

1 520

172 947

32 067

SUD

2 730

199

61 755

23 639

Estimation d'abondance à partir des observations visuelles

Objectif Connaître le nombre d'individus dans une zone

Première méthode

Vider toute l'eau

Deuxième méthode

Ratisser la zone avec un filet

Troisième méthode

Attendre que tous les individus remontent à la surface
(éventuellement les marquer pour ne pas les compter 2 fois)

Quatrième méthode

Méthode statistique : Distance Sampling

Estimation d'abondance à partir des observations visuelles

définition

Si on dénombre C individus sur une aire a ,
l'estimation de la densité est

$$\hat{D} = C / a$$

On en déduit une estimation du nombre d'individus pour
toute la zone :

$$\hat{N} = \hat{D} \times A$$

méthode

Distance Sampling

$$\hat{D} = \frac{n}{a\hat{P}}$$

Où $\hat{P}$ est la probabilité estimée de détecter un animal dans a .

En pratique, on utilise

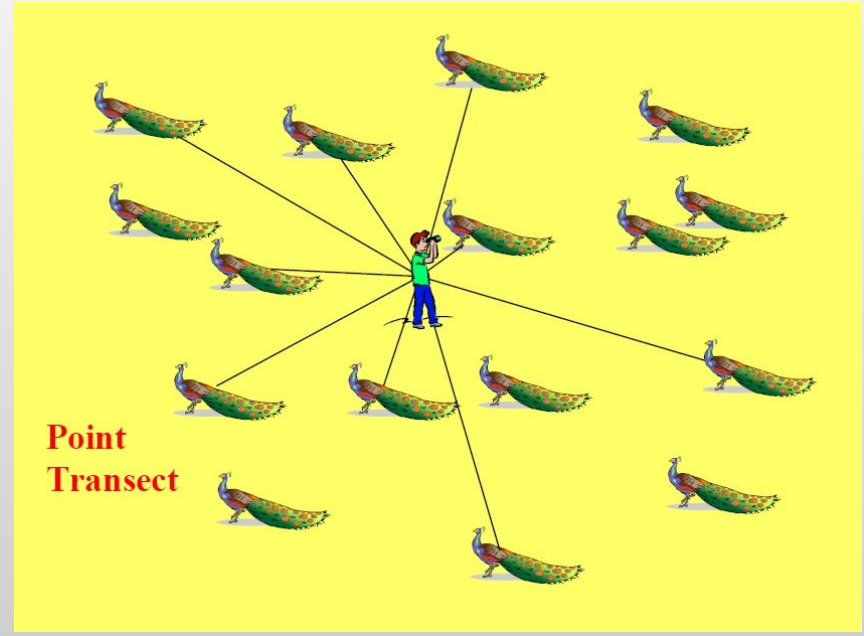
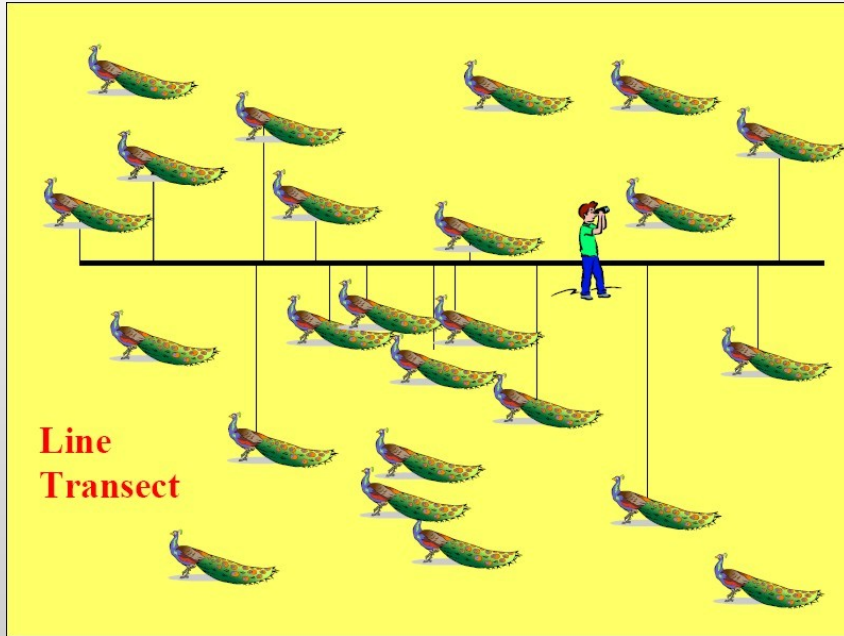
$$\hat{D} = \frac{n\hat{f}(0)}{2L}$$

Où $\hat{f}(0)$ se déduit de l'histogramme de la fonction de détection g :

$$\hat{D} = \frac{n}{2L \int_0^w g(y) dy}$$

Estimation d'abondance à partir des observations visuelles

Protocole d'observation 2 approches



On comptabilise le nombre d'animaux détectés et on note leur position

- position à l'instant initial
- distance perpendiculaire à la ligne de transect ou distance radiale

Remarque

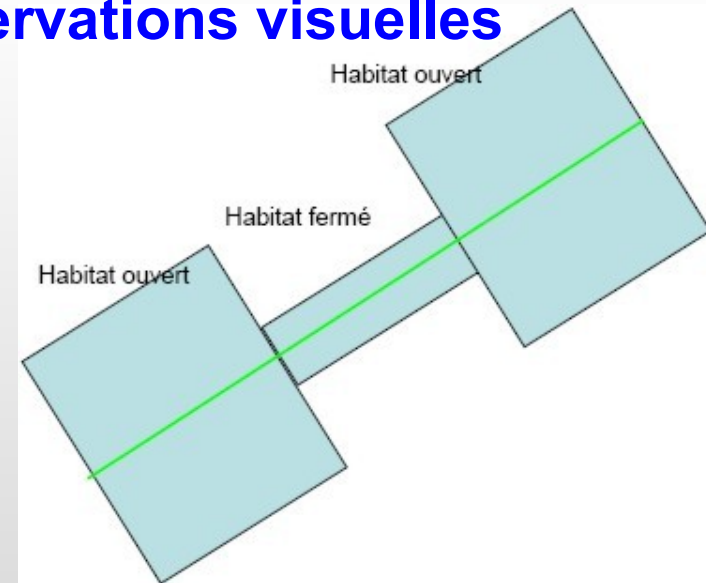
Pour la méthode Distance Sampling, on peut considérer un individu ou un groupe d'individus (cluster). En faisant une estimation de la taille des clusters, on aura l'estimation du nombre d'individus

Estimation d'abondance à partir des observations visuelles

Remarque sur la détection

Les détections dépendent de plusieurs paramètres

- Répartition des animaux
- Furtivité des animaux
- Performance de l'observateur
(dont outils mis à sa disposition)



Remarques

Avec la méthode Distance Sampling, il n'est pas nécessaire de connaître les facteurs qui influencent les détections pour avoir une estimation robuste du dénombrement

Indice de détectabilité

On cherche à estimer la fonction de détection en fonction de la distance

$g(y)$ = probabilité de détecter un individu sachant sa distance y à la ligne ou au point d'observation

Remarques

-Si l'individu est sur la ligne ou le point d'observations, on est sûr de le détecter

$$g(0)=1$$

-Plus l'individu est loin, moins on peut le détecter

$$g(y) \rightarrow 0 \text{ quand } y \rightarrow \infty$$

Estimation d'abondance à partir des observations acoustiques

Objectif

Connaître le nombre d'individus dans une zone

Première méthode

Affecter un son à un individu

À partir des caractéristiques intrasèques du son
pb dus à la propagation acoustique

A partir de la localisation des individus
pas toujours possible

Deuxième méthode

Méthode statistique : Distance Sampling

Estimation d'abondance à partir des observations acoustiques

méthode

Distance Sampling

$$\hat{D} = \frac{n_c (1 - \hat{c})}{K \pi w^2 \hat{P} T \hat{r}}$$

où

n_c est le nombre de cris détectés par les K hydrophones pendant la période T

$\hat{c}$ est l'estimation de la proportion de détections fausse-positives.

w est la distance maximale de détection d'un cri

$\hat{r}$ est l'estimation du nombre de cris d'un individu par seconde

$\hat{P}$ est l'estimation de la probabilité moyenne de détecter un cri à une distance inférieure à w .

En pratique

$\hat{P}$ est calculée à partir de la fonction de détection :

$$\hat{P} = \int_0^w \hat{g}(y) \frac{2y}{w^2} dy$$

Détection et localisation des baleines bleues antarctiques

Estimation par statistique

On modélise les datas par un processus de Poisson

$$P(B(s)=k) = e^{-\lambda s} \frac{(\lambda s)^k}{k!} \quad P(C(t)=k) = e^{-\mu t} \frac{(\mu t)^k}{k!}$$

B le nombre de baleines dans s

C le nombre de cris détectés pendant t

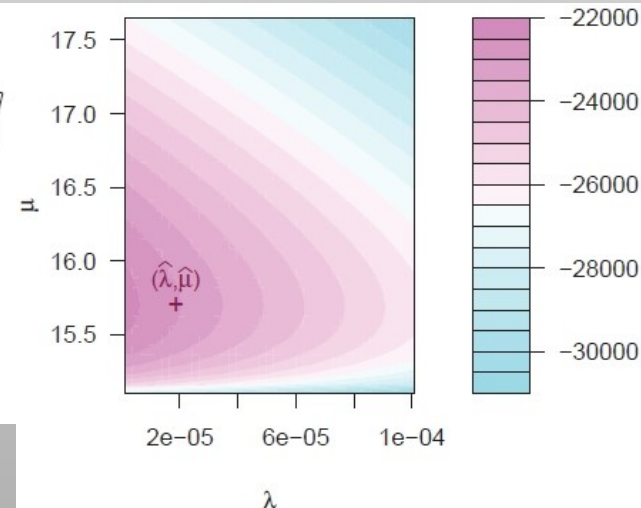
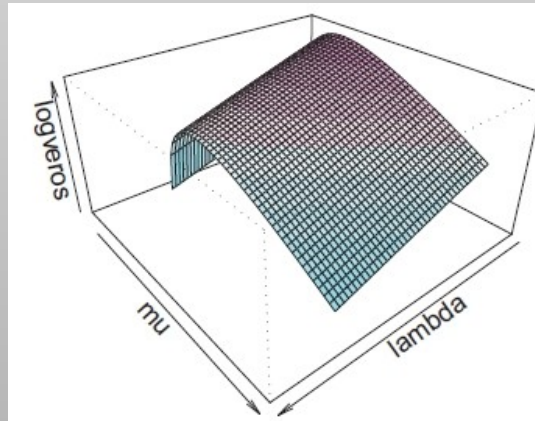
On cherche $N(t,s)$ le nombre de cris détectés dans s pendant t en estimant les paramètres μ et λ

$$\hat{\mu} = \frac{S_{\bar{N}}^2 - \bar{N}}{\bar{N}t} \quad \text{et} \quad \hat{\lambda} = \frac{\bar{N}^2}{(S_{\bar{N}}^2 - \bar{N})s} \quad \text{avec} \quad \hat{E}_{[N(t,s)]} = \bar{N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i(t,s)$$

Les estimations de ces paramètres maximise la fonction de vraisemblance :

$$\hat{\mu}_{EMV} = 15.69$$

$$\hat{\lambda} = 1.037181 \cdot 10^{-6}$$

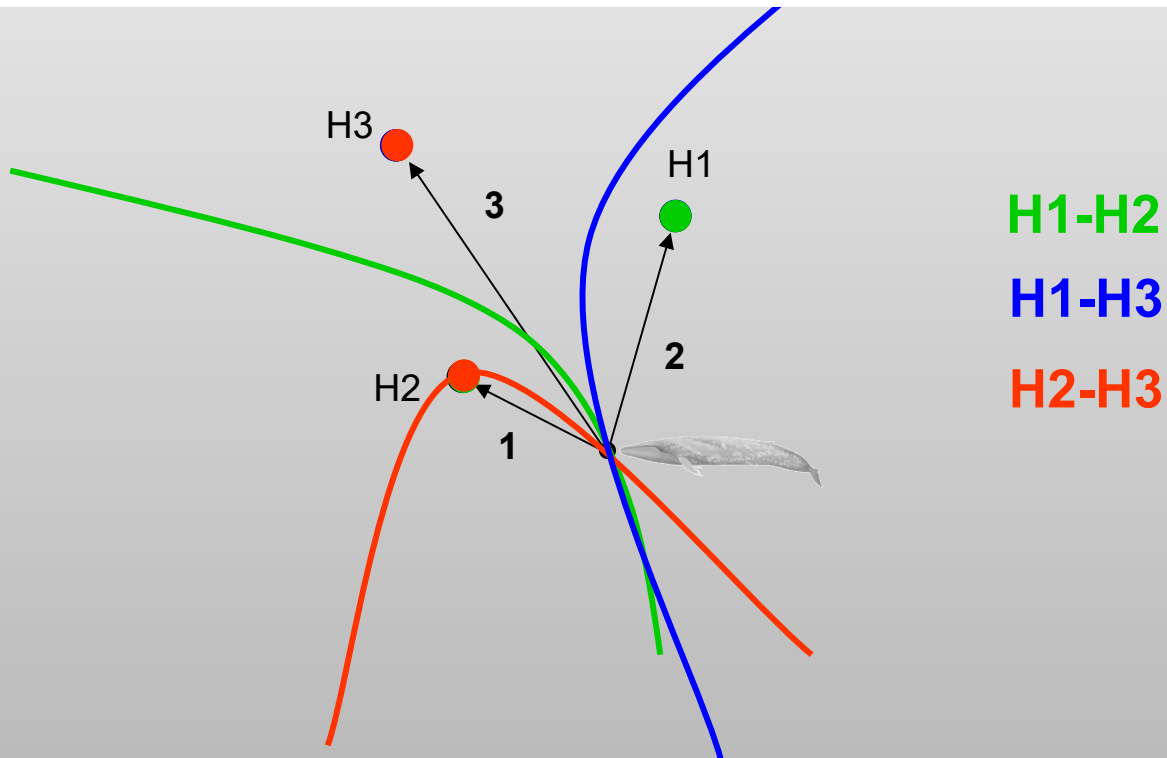


1er Résultat : l'estimation donne 15 individus

Localisation des baleines bleues par acoustique

Localisation par triangulation

Localisation de la source par **mesure du retard** (ΔT) dans le temps d'arrivée du signal **entre 2 couples d'hydrophones**

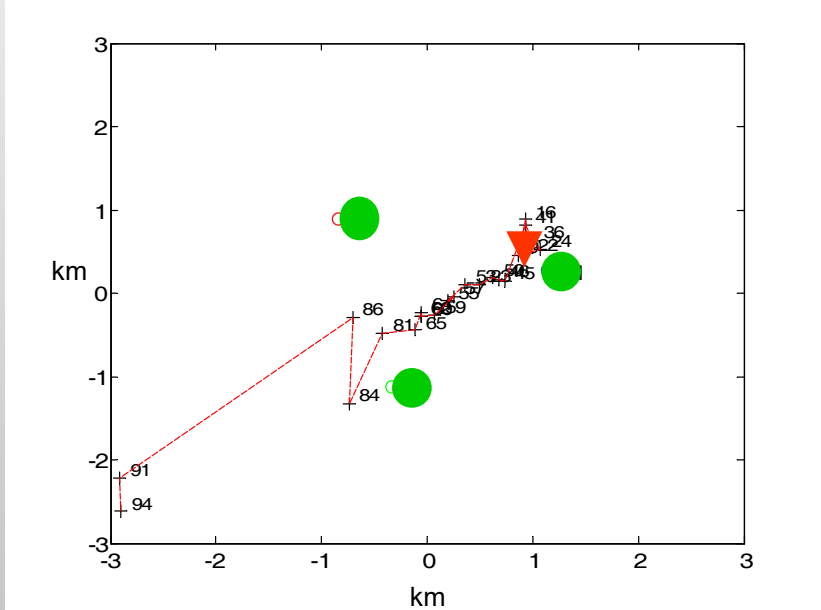
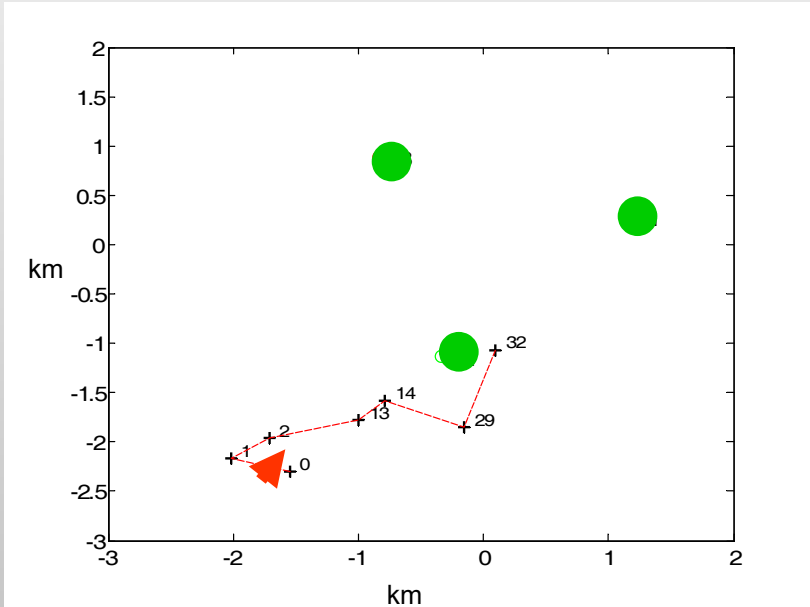


Localisation des baleines bleues par acoustique

Localisation par triangulation

Baleine bleue Antarctique

Baleine bleue pygmée « Madagascar »



Suivi durant 30 minutes

Suivi durant 1 heure

Intensité à la source

Intensité à la source

SL = 179±5 dB re1μPa à 1 m

SL = 174±1 dB re1μPa à 1 m



PLAN

Les méthodes d'observation des cétacés

Exemples de sons émis par les cétacés

Un système auditif adapté

Rappels sur l'acoustique sous-marine

Le bruit sous-marin

Objectifs des observations par acoustique passive

Le matériel

Les travaux réalisés : les cachalots, les baleines bleues

Les projets en cours : la déprédation, les baleines à bosse

le recensement des cétacés de Guadeloupe

Conclusion

Déprédation des cétacés sur les palangres semi-industrielles aux Seychelles

Collaboration CEBC-CNRS
NAMC-CNRS

Définition

Prélèvement d'un poisson déjà pêché

Observations

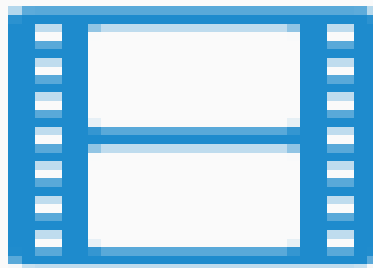
Au niveau mondial

Espèces concernées

Cachalots, orques, orques naines, globicéphales, grands dauphins



Problème économique, écologique, politique



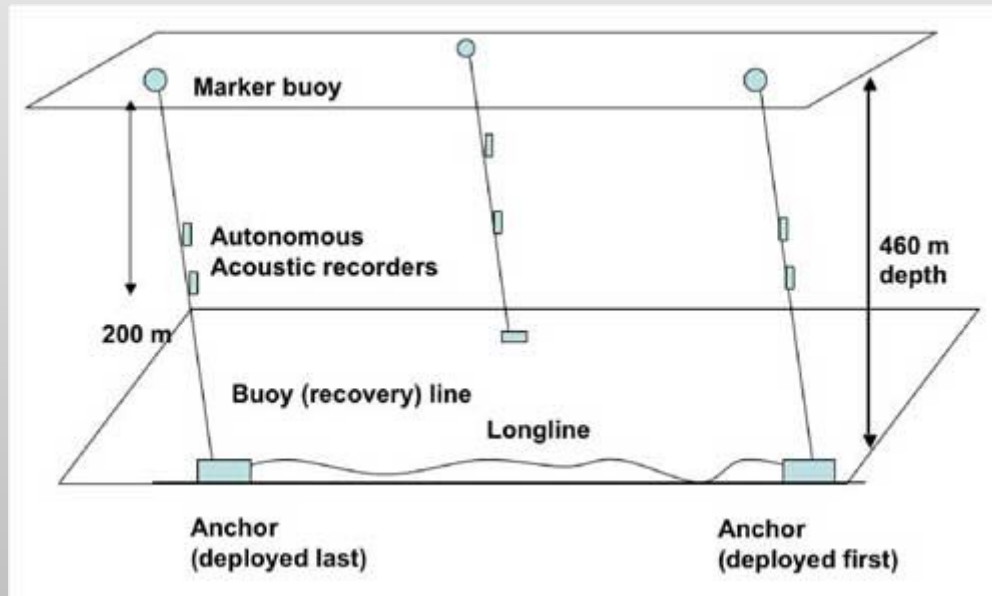
Film:Loyer – Les Secrets du Grand Noir - 2005

Déprédation des cétacés sur les palangres semi-industrielles aux Seychelles

SEASWAP (www.seaswap.info)

Les cachalots émettent activement des sons autour des bateaux de pêche et évoluent à proximité des palangres.

Les scientifiques pensent que certains sons seraient susceptibles d'attirer les cachalots.



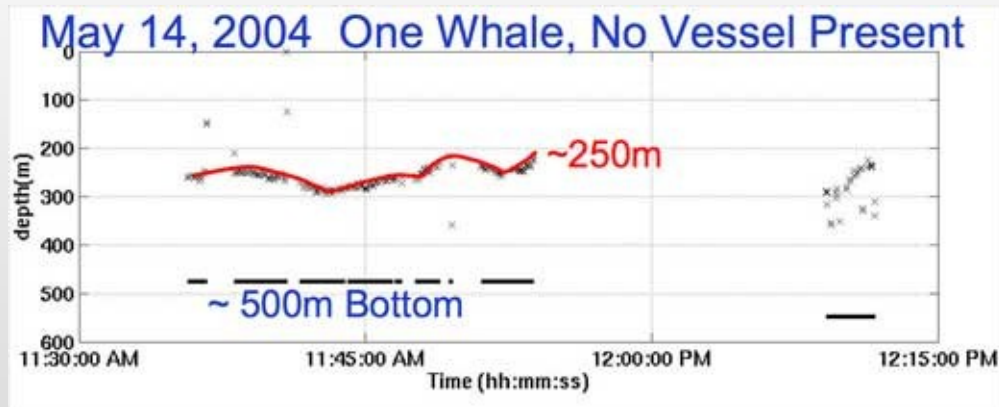
Aaron Thode, University of California San Diego, USA

Jan Straley, University of Alaska Southeast

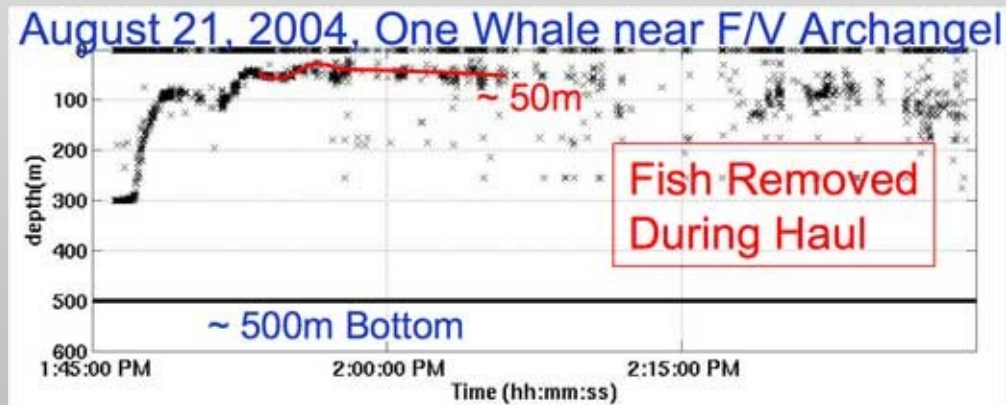
« Testing low-cost methods to reduce sperm whale depredation in the Gulf of Alaska »

Déprédation des cétacés sur les palangres semi-industrielles aux Seychelles

SEASWAP Observations



Comportement de plongée de cachalot lorsqu'il n'y a pas de palangriers (14 may 2004).



Profondeur des cachalots en présence des palangriers (21 août 2004)

Déprédation des cétacés sur les palangres semi-industrielles aux Seychelles

A propos des pingers

2 types :

ADD: **Acoustic Deterrent Device**

AHD: **Acoustic Harassment Device**



Les **ADD** ont pour objectif d'inciter les animaux à recourir à leur sonar.

Les caractéristiques sont une **intensité < 150 dB** re 1uPa at 1m

et des signaux dans la **bande fréquentielle [2.5 - 10 kHz]**

avec de grandes harmoniques à des fréquences supérieures à 160 - 180 kHz.

Les **AHD** ont pour objectif de **gêner et de repousser fortement l'animal**.

Ces modules sont surtout utilisés pour prévenir de la déprédation par les pinnipèdes

Les caractéristiques des **AHD** sont : **intensité > 185 dB** re 1uPa at 1m

émission de signaux dans la **bande fréquentielle [5 - 30 kHz]**

Pour information, les audiogrammes

des marsouins communs [16 kHz - 140 kHz]

des grands dauphins [15 kHz - 110 kHz]

Déprédation des cétacés sur les palangres semi-industrielles aux Seychelles

Resultats

semble approprié pour alerter les petits cétacés tels que les marsouins communs
(1m55 / 55 kg)
par contre des effets limités sur d'autres cétacés (dauphin bleu et blanc)
peu d'effet ou **pas d'effet** sur la réduction de déprédation sur les grands dauphins
(Rossi, 2003)

Questions

Les pingers ont-ils un impact sur les poissons?

Cette hypothèse est basée sur les recherches de Mann (1997), Kraus et al. (1997), Kraus (1999), Gearin et al. (1994).

Les pingers ne sont pas intéressants car **ils repoussent les poissons.**

Trippel et al. (1999), Wilson & Dill (2002) ont prouvé que
les **pingers n'avaient aucun impact** sur les poissons, notamment ceux convoités par les grands dauphins et les marsouins

Cause de déficits auditifs ?

Possible. Dépend de l'espèce et de l'individu

Accoutumance ?

Nécessite des observations à long terme pour répondre à cette question

Appel des cétacés (Dinner bell-effect)

Nécessite des observations à long terme pour répondre à cette question

Plan d'action 2007-2008-2009

Mise en place d'observateurs
Recensement des cétacés impliqués
Réalisation d'une palangre expérimentale



Photo:Vely

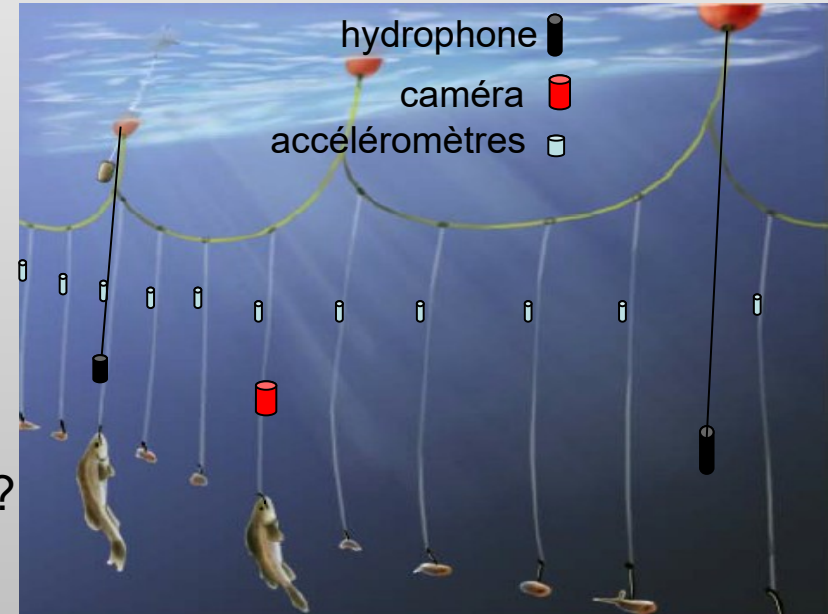
Recherche des **facteurs déclenchants**

- bruit du bateau lors des manœuvres
- bruit du treuil hydraulique
- rayon de détection des poissons par les mammifères marins
- sons émis par les poissons (?)

Long terme

Analyse comportementale

- comment les mammifères détectent-ils la ligne ?
- quels changements dans leur comportement ?



Création de leurres acoustiques (simulation de bruit de bateau) et **visuels**

Propositions pour diminuer la déprédation en fonction des spécificités locales.

Workshop COI Madagascar 2007



PLAN

Les méthodes d'observation des cétacés

Exemples de sons émis par les cétacés

Un système auditif adapté

Rappels sur l'acoustique sous-marine

Le bruit sous-marin

Objectifs des observations par acoustique passive

Le matériel

Les travaux réalisés : les cachalots, les baleines bleues

Les projets en cours : la déprédation, les baleines à bosse

le recensement des cétacés de Guadeloupe

Conclusion

Analyse des chants de baleines à bosse

Collaborations

LSIS (France)

ISVR (University of Southampton, UK)

NAMC (France)

Association CetaMada (Madagascar)

Thèse

F. Pace

co-directeurs : P. White, O. Adam



Analyse des chants de baleines à bosse

Collaborations

LSIS (France)

ISVR (University of Southampton, UK)

NAMC (France)

Association CetaMada (Madagascar)



Thèse

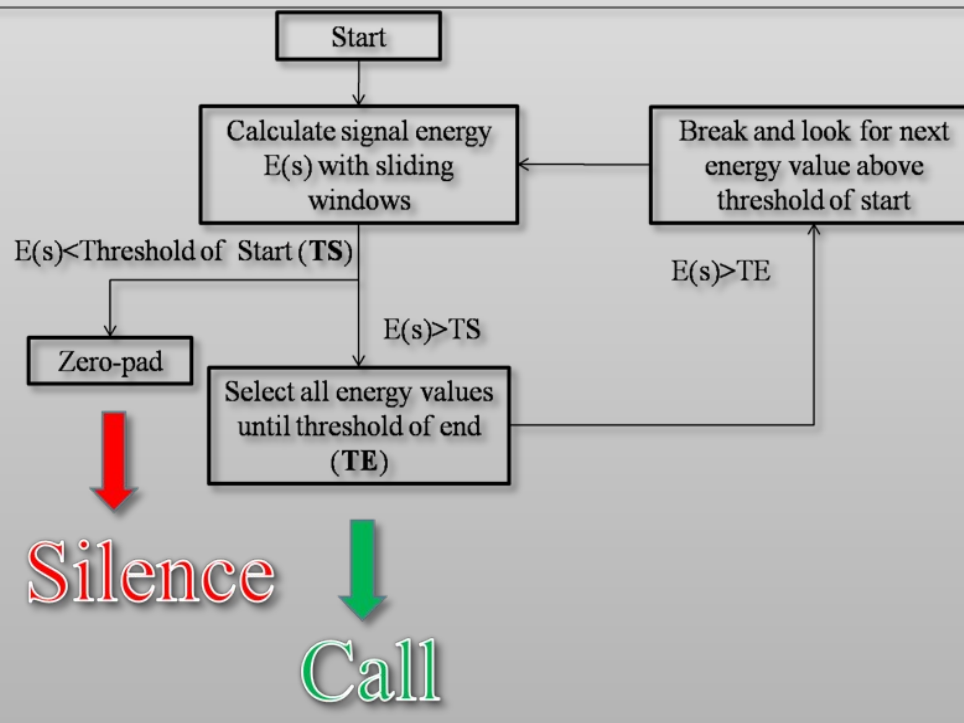
F. Pace

co-directeurs : P. White, O. Adam

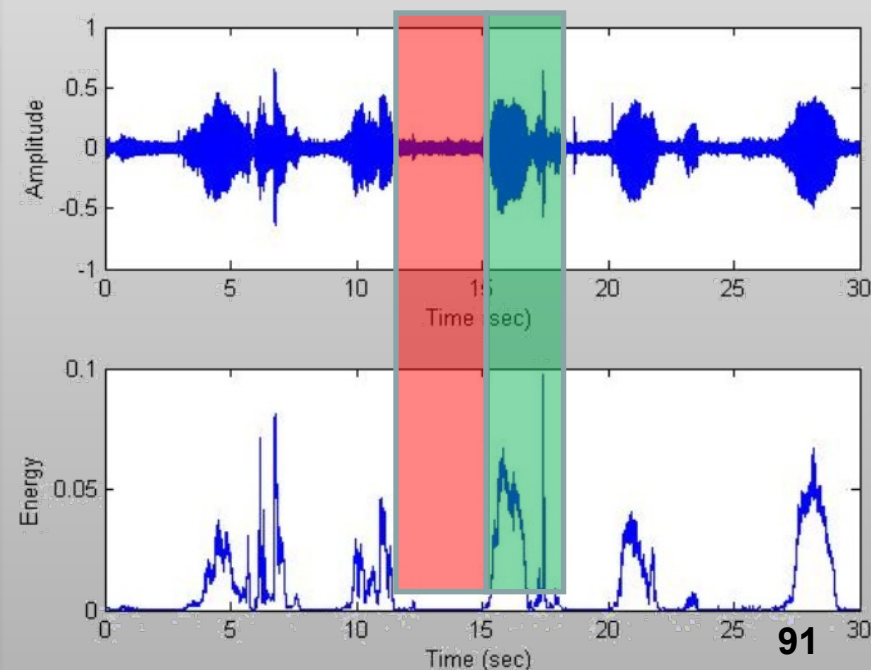


Objectifs

segmentation basée sur la définition de sous-unités
classification automatique



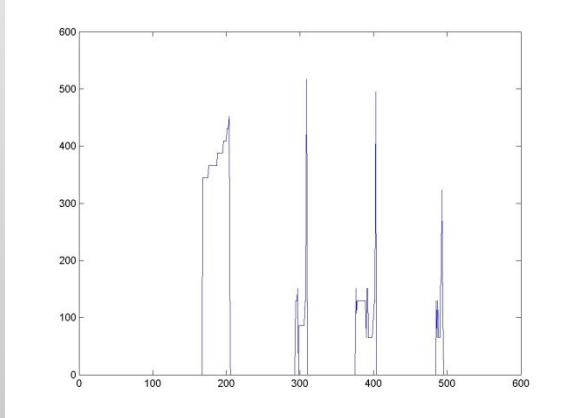
Segmentation des unités



Analyse des chants de baleines à bosse

Segmentation

recherche des 5 fréquences maximales
Seuil de durée minimale d'un silence
Seuil max de passage par zéro
Seuil min des énergies
(temporelle / par bande fréquentielle)

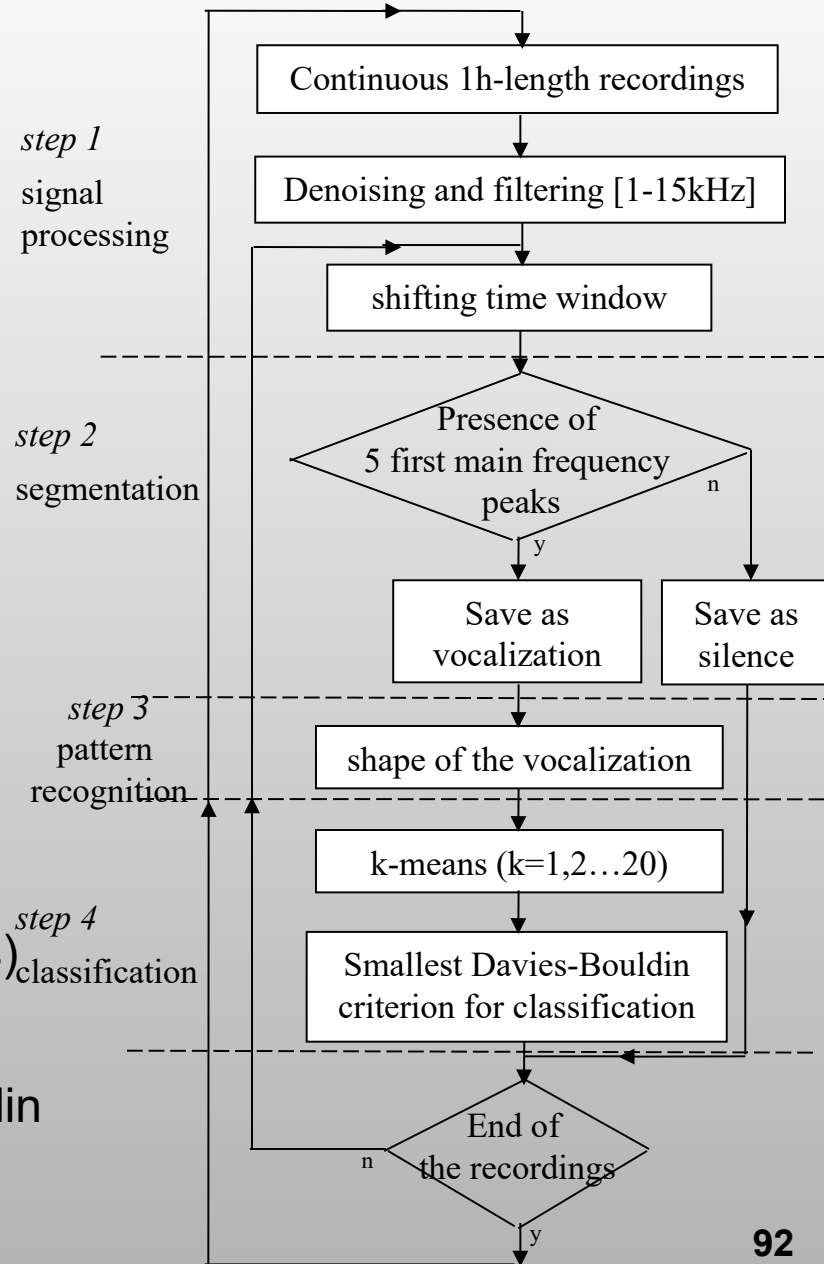


Classification

classification k-means ($k=1,2,\dots,20$ intonations)

Recherche du plus bas critère de Davies-Bouldin

Classification optimale



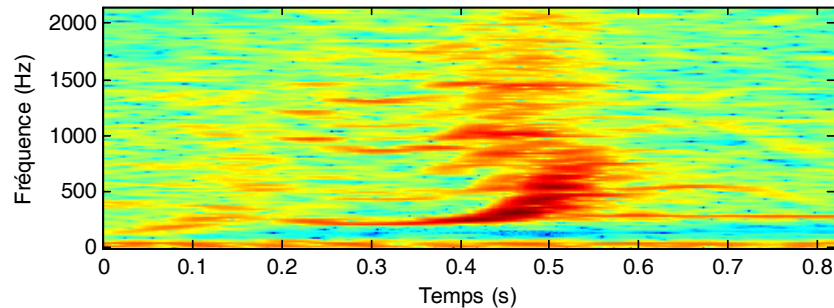
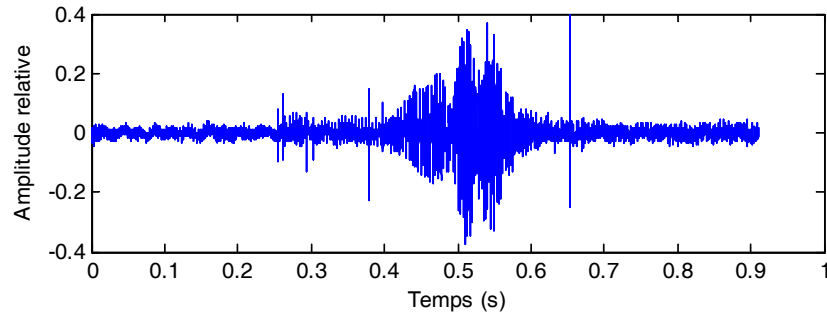
Etude de la prosodie des sons émis par les baleines à bosse

Chirp montant court

Fréq début : 205 Hz

Fréq fin : 760 Hz

Durée : 0.4 s

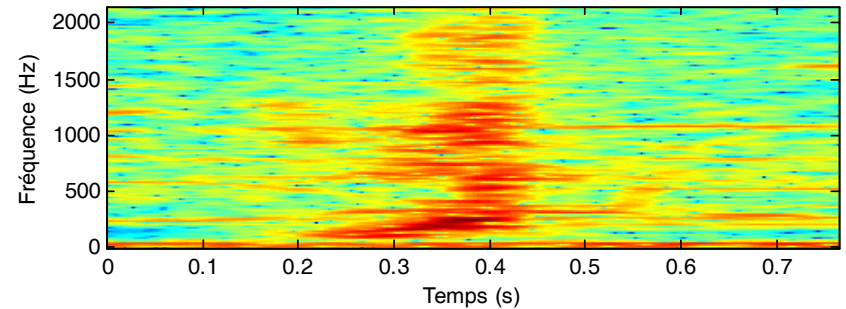
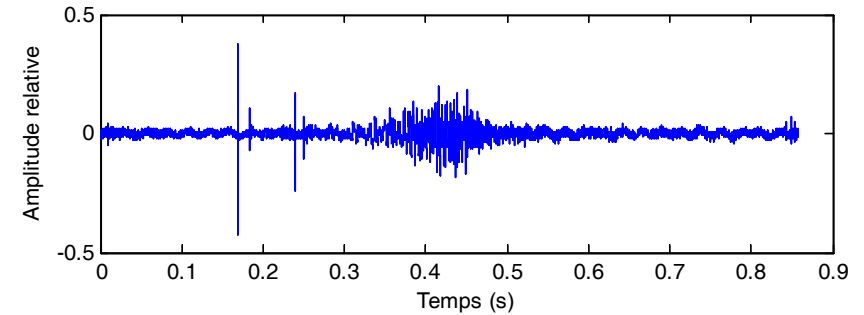


Chirp lent court

Fréq début : 120 Hz

Fréq fin : 320 Hz

Durée : 0.25 s



Etude de la prosodie des sons émis par les baleines à bosse

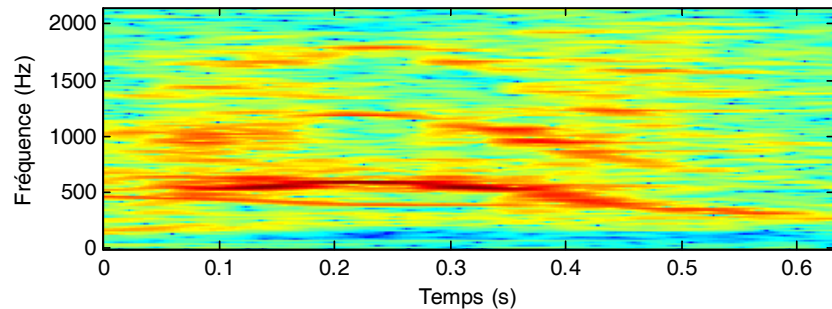
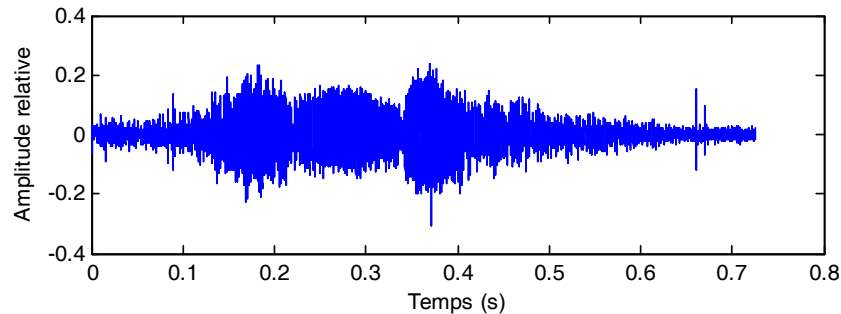
Unité sonore 2 tons

Fréq début : 470 Hz

Fréq max : 600 Hz

Fréq fin : 320 Hz

Durée : 0.6 s



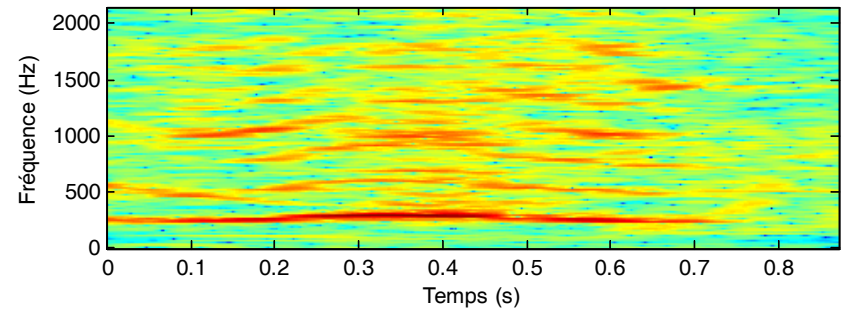
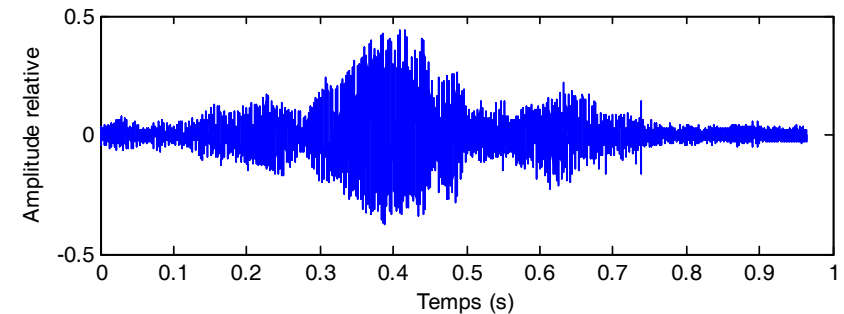
Unité sonore constante

Fréq début : 280 Hz

Fréq max : 320 Hz

Fréq fin : 260 Hz

Durée : 0.74 s



Difficultés

Grandes variétés des unités sonores

Plusieurs chanteurs

Évolution du chant par groupe et au cours du temps



PLAN

Les méthodes d'observation des cétacés

Exemples de sons émis par les cétacés

Un système auditif adapté

Rappels sur l'acoustique sous-marine

Le bruit sous-marin

Objectifs des observations par acoustique passive

Le matériel

Les travaux réalisés : les cachalots, les baleines bleues

Les projets en cours : la déprédation, les baleines à bosse

le recensement des cétacés de Guadeloupe

Conclusion

Recensement des cétacés en Guadeloupe

Contexte biologique

Plus de 20 espèces

Résidentes, semi-résidentes et non-résidentes

Informations sur les presences/absences, sur les routes migratoires

Contexte politique

Creation du nouveau sanctuaire AGOA

Réintroduction des lamentins

Intérêt pour l'écologie et l'environnement

Présence des laboratoires scientifiques à l'Université des Antilles et de la Guyane



Contexte locale

Association

Etudiante en thèse

Ommag

Participation des acteurs

Méthode actuelle

Observations visuelles



credits: O. Adam, Association Breach, Google Earth

Le recensement des cétacés de Guadeloupe

Méthodes

Observations visuelles

campagnes en mer, survols, photo-identification

Observations acoustique

déploiement de stations (semi-)permanentes

Suivis biologiques

analyse génétique, prélèvements en milieu (fèces, squames)



credits: iSnS

Le recensement des cétacés de Guadeloupe

Méthodes

Observations visuelles

campagnes en mer, survols, photo-identification

Observations acoustique

déploiement de stations (semi-)permanentes

Suivis biologiques

analyse génétique, prélèvements en milieu (fèces, squames)

Collaboration avec Dynecar

Dynecar

Expertise en biologie marine

suivi de populations

génétique

évolution de l'environnement



NAMC-CNRS

Comportements des animaux basés sur l'acoustique

Analyse des signaux sonores

classification automatique des sons

reconnaissance de signatures

estimation de la densité (taille d'un groupe)

Traitement d'images

aide à la photo-identification

analyse d'images satellites ou de survols aériens

Gestion de bases de données

archivage, gestion des requêtes, mise en ligne

Instrumentations

sonobouées, balises Argos, mise au point de tags

Recensement des cétacés de Guadeloupe

Contacts avec d'autres laboratoires de l'UAG

Signal et analyse des données

Analyse statistique, extraction d'information
Classifieur
Modélisation de la propagation acoustique
Traitement d'images

Grimaag : Pr Jean Vaillant, Marylène Troupé, Pascal Poulet,
Vincent Pagé, Sébastien Régis



Economie

gestion durable de la présence des cétacés
activités anthropiques et évaluation des impacts
activités économiques (tourisme, pêche)
aide aux gestionnaires institutionnels

LEAD : Joël Raboteur



Géologie, géophysique

bathymétrie
climatologie, courantologie
caractéristique de la colonne d'eau

LPAT-GEOL : Jean-Frédéric Lebrun
Jean-Roger Bonneton
Anne Bécel



Vers le déploiement d'un observatoire permanent

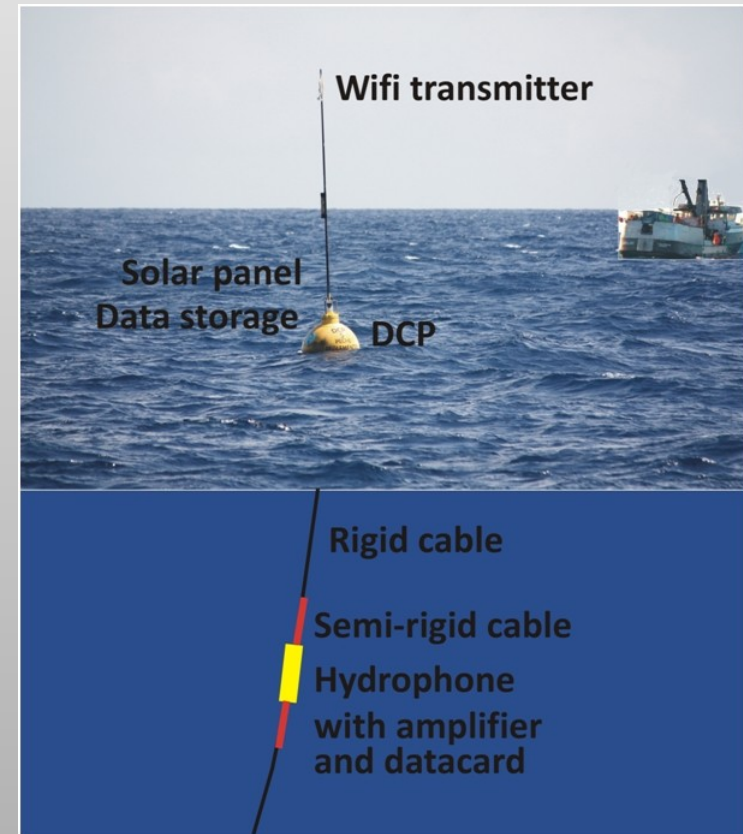
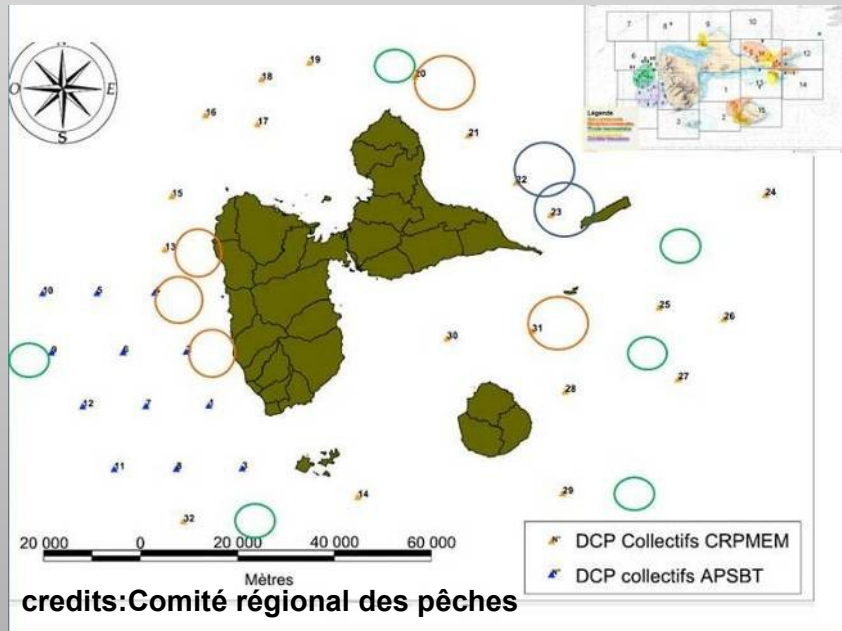
Déploiement d'une station hydroacoustique

Partenaires

Dynecar (Université des Antilles et de la Guyane)
NAMC – CNRS (Université Paris 11)
DIREN Guadeloupe
Port Autonome de Guadeloupe
Société CeSigma
Comité régional des pêches
Société PLK Marine
Société Axians
Société Balimar

Caractéristiques

Enregistrements continus
192kHz, 24 bits
Fixé sur un DCP
Haute capacité mémoire
Transmission wifi
Panneau solaire



Recensement des cétacés de Guadeloupe

Test de nouvelles approches

Utilisation de jumelles IR

THALES



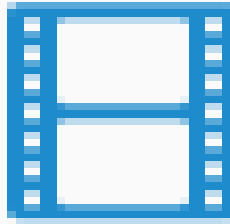
credits THALES

Recensement des cétacés de Guadeloupe

Test de nouvelles approches

Utilisation de jumelles IR

THALES



credits THALES – NAMC - Association Breach

Recensement des cétacés de Guadeloupe

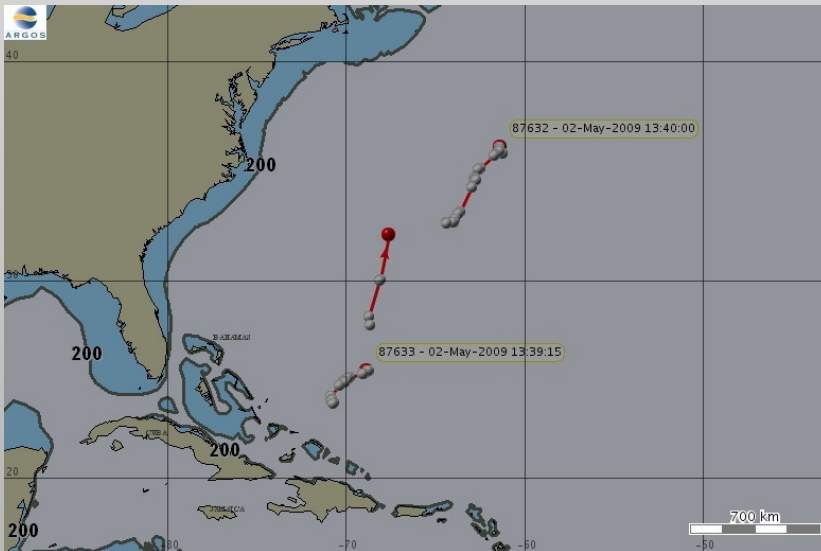
Pose de balises ARGOS

Partenaires

Dynecar (Université des Antilles et de la Guyane)
CNPS – CNRS (University Paris Sud)
NMML (Seattle, USA)
DIREN Guadeloupe
Port Autonome de Guadeloupe



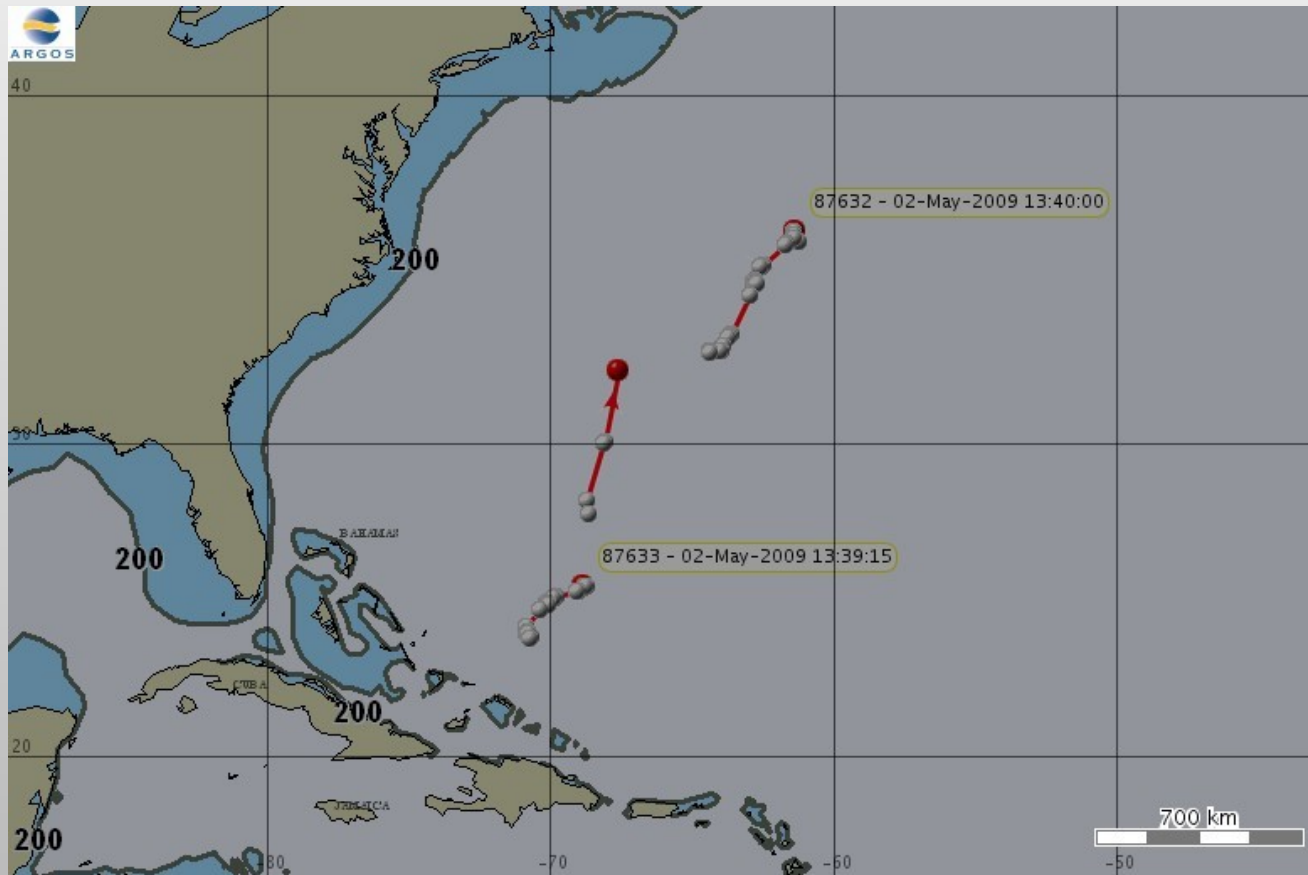
credits:N. Gales



credits:NMML



Recensement des cétacés de Guadeloupe



credits Phil Clapham - NMML

Observation à St Pierre et Miquelon

Un patrimoine exceptionnel

Plusieurs espèces
Sur les routes migratoires
Zone de nourrissage

Objectifs

Presence / non-presence
Temps d'arrivée / de départ sur zone
Observations des espèces discrètes
Localisation
Densité?

Caractériser leur environnement

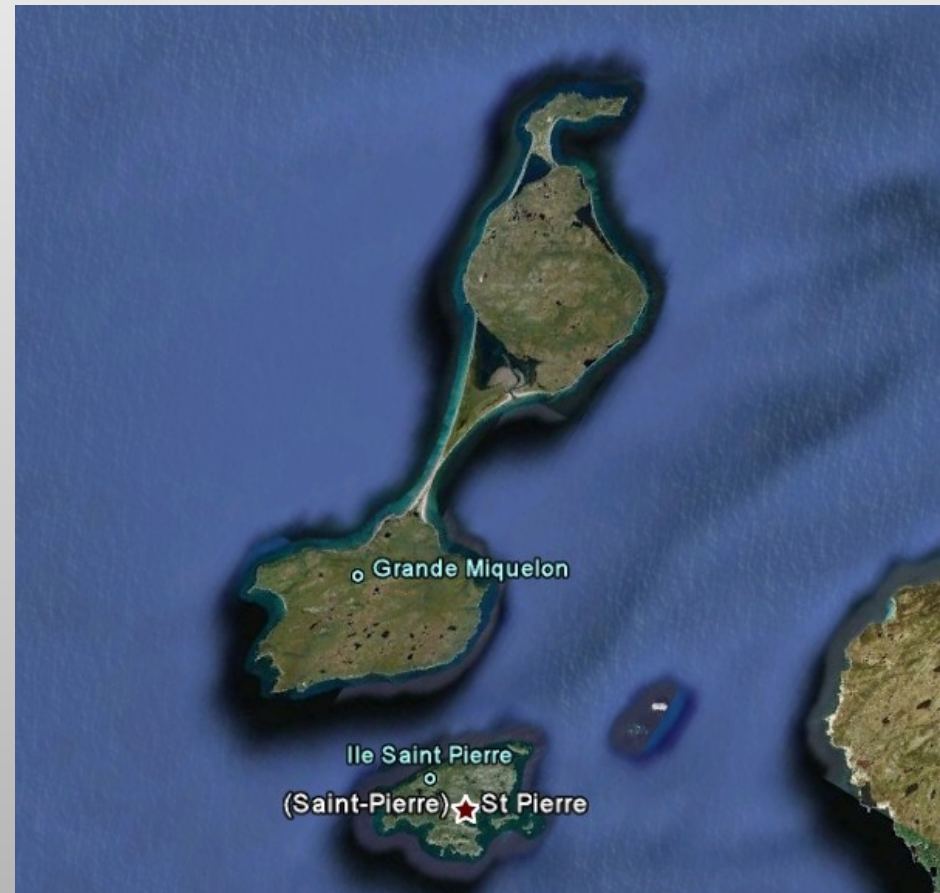
changement climatique
bruit ambiant

Méthodes

observations visuelles, suivi aérien
acoustique passive
balises Argos



credits:Google Earth



Observation à St Pierre et Miquelon

Pourquoi l'acoustique à SPM ?

Pas toujours sur l'eau

Nuit

Observation à St Pierre et Miquelon

Pourquoi l'acoustique à SPM ?

Pas toujours sur l'eau

Nuit

Météo



Observation à St Pierre et Miquelon

Pourquoi l'acoustique à SPM ?

Pas toujours sur l'eau

Nuit

Météo



credit: J. Detchverry

Observation à St Pierre et Miquelon

2 approches d'acoustique passive

Enregistrements instantanées

Enregistrements en continu

Objectifs

Confirmer la présence sur une zone

Compléter les observations visuelles



credit: Multi-Electronique



PLAN

Les méthodes d'observation des cétacés

Exemples de sons émis par les cétacés

Un système auditif adapté

Rappels sur l'acoustique sous-marine

Le bruit sous-marin

Objectifs des observations par acoustique passive

Le matériel

Les travaux réalisés : les cachalots, les baleines bleues

Les projets en cours : la déprédation, les baleines à bosse

le recensement des cétacés de Guadeloupe

Conclusion

Conclusion

**Beaucoup de travail déjà réalisé
détection, localisation**

Plusieurs projets ambitieux dans le monde

**Beaucoup de données sont disponibles ou vont être disponibles
Echange? Format? Stockage?**

**Différents algorithmes pour l'analyse des enregistrements
devraient être classés en fonction des applications**

Conclusion

Beaucoup de travail déjà réalisé
détection, localisation

Plusieurs projets ambitieux dans le monde

Beaucoup de données sont disponibles ou vont être disponibles
Echange? Format? Stockage?

Différents algorithmes pour l'analyse des enregistrements
devraient être classés en fonction des applications

Perspectives

Estimation du nombre d'individus dans un groupe

Reconnaissance de signatures individuelles

Concentration sur certaines espèces

Pour chaque champ disciplinaire

Acoustique sous-marine : amélioration des modèles de propagation

Traitement du signal : optimisation des méthodes de détection

Reconnaissance de formes : extraction de paramètres et classification

Merci pour votre attention

