

> L'acoustique à l'ENSIETA



Tomographie acoustique passive

Concepts et exemples d'applications utilisant les vocalises de mammifères marins

Plan de la présentation

1] Présentation Générale de l'ENSIETA – Lien avec l'ASM

- Activités pédagogiques
- Activités de recherche

2] Zoom sur la Tomographie Acoustique Passive

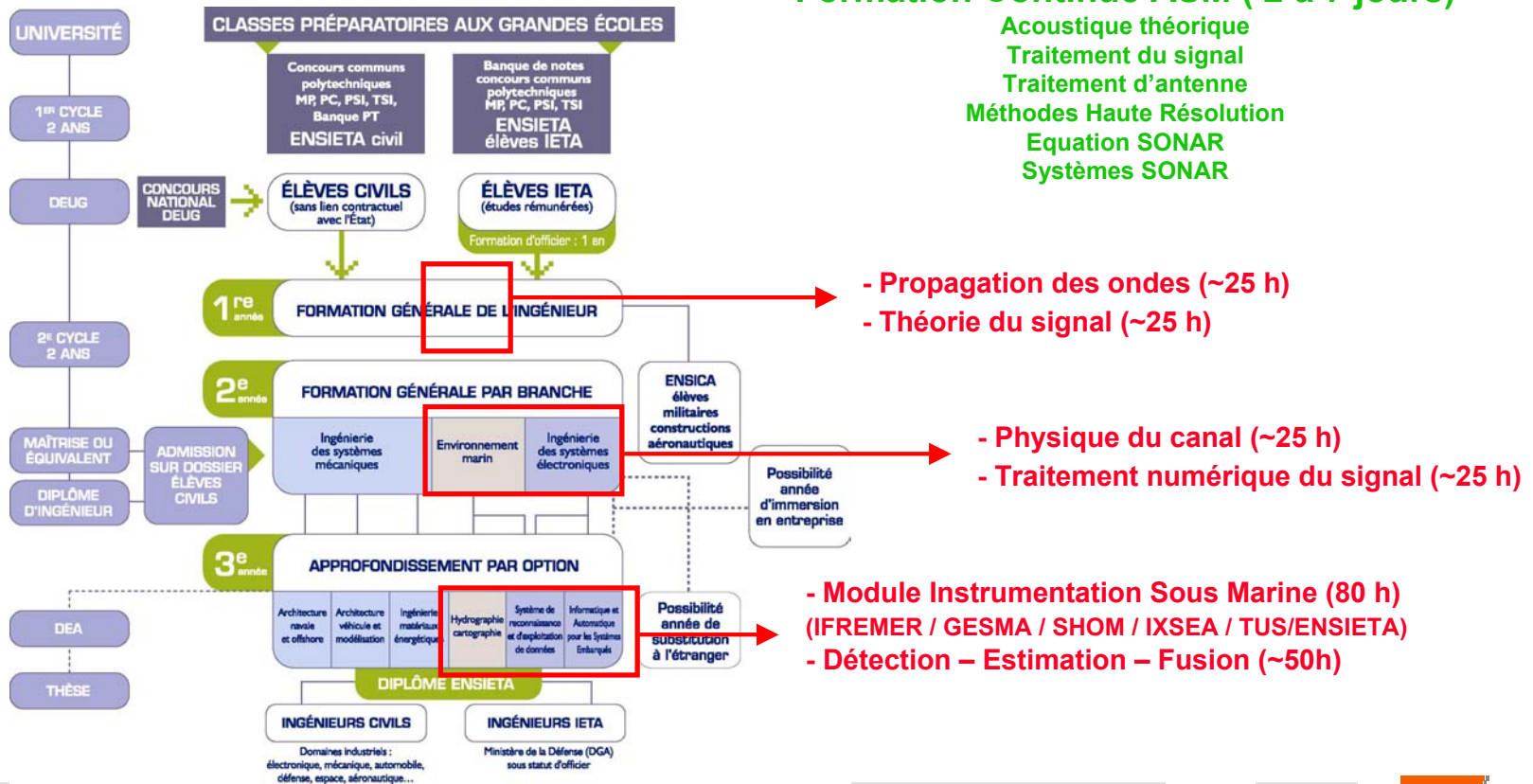
- Le concept de la tomographie acoustique passive
- Trois exemples d'applications utilisant des vocalises de mammifères marins

Présentation Générale de l'ENSIETA – Lien avec l'ASM

Activités pédagogiques

Formation Continue ASM (2 à 7 jours)

Acoustique théorique
 Traitement du signal
 Traitement d'antenne
 Méthodes Haute Résolution
 Equation SONAR
 Systèmes SONAR



Présentation Générale de l'ENSIETA – Lien avec l'ASM Activités de recherche

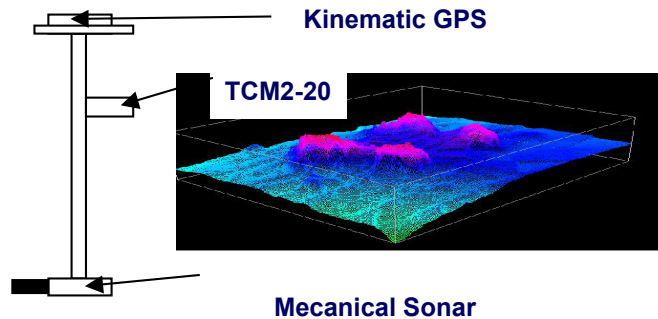
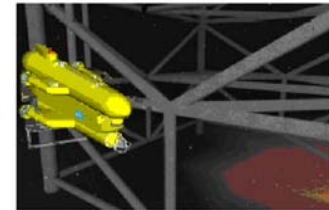


- ▶ **4 laboratoires de recherche (depuis 2001)**
 - ▶ **E³I² : Extraction et Exploitation de l'Information en Environnement Incertain**
 - ▶ **MSN : Mécanique des Structures Navales**
 - ▶ **DTN : Développement des Technologies Nouvelles**
 - ▶ **SHI : Sciences Humaines pour l'Ingénieur**

Activités de recherche DTN en liaison avec l'ASM



- ▶ construction d'un AUV Glider
- ▶ Simulateur d'AUV pour ECA
- ▶ Développement de Profilers (Lag) asservis en profondeur
- ▶ Levés bathymétriques en eaux peu profondes



**Activités de recherche E3I2 en liaison avec
l'ASM**



Modélisation et

***Perception par moyens électromagnétiques
des milieux aériens, surfaces terrestres et
maritimes***

**Représentation et
Extraction de
l'Information**



**Fusion et Aide à la
Décision**

Perception par moyens acoustiques des milieux marins

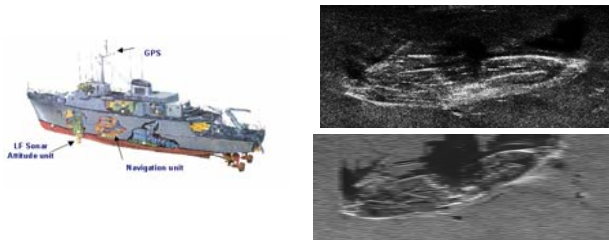
Etablissement de modèles directs
représentatifs des phénomènes
physiques et adaptés à l'inversion

Pré-traitement des signaux fournis
par les senseurs acoustiques

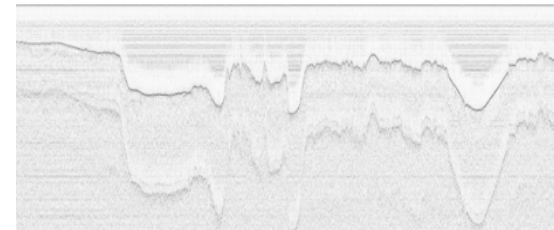
Stratégie d'inversion :
l'architecture des systèmes et les
algorithmes d'inversion

Perception par moyens acoustiques des milieux marins

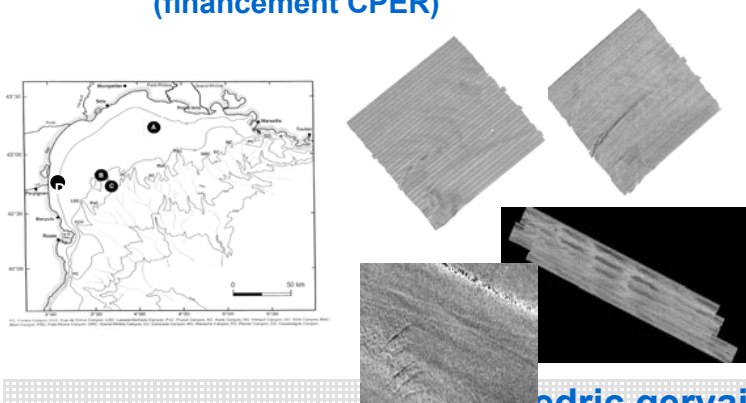
**Sonar à Antenne Synthétique
(financement GESMA)**



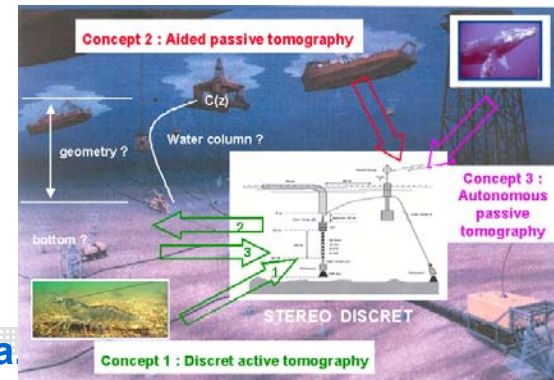
**Sondeur de Sédiment
(financement CPER)**



**Fusion Multicapteurs
(financement CPER)**



**Tomographie Acoustique Passive
(financement SHOM)**





1] Présentation Générale de l'ENSIETA – Lien avec l'ASM

- Activités pédagogiques
- Activités de recherche

2] Zoom sur la Tomographie Acoustique Passive

- **Le concept de la tomographie acoustique passive**
- Trois exemples d'application utilisant des vocalises de mammifères marins

> La Tomographie Acoustique Passive

**- 1 grand merci au SHOM-CMO pour le financement de ce projet
(2004-2007)**



- Collaborations en cours avec

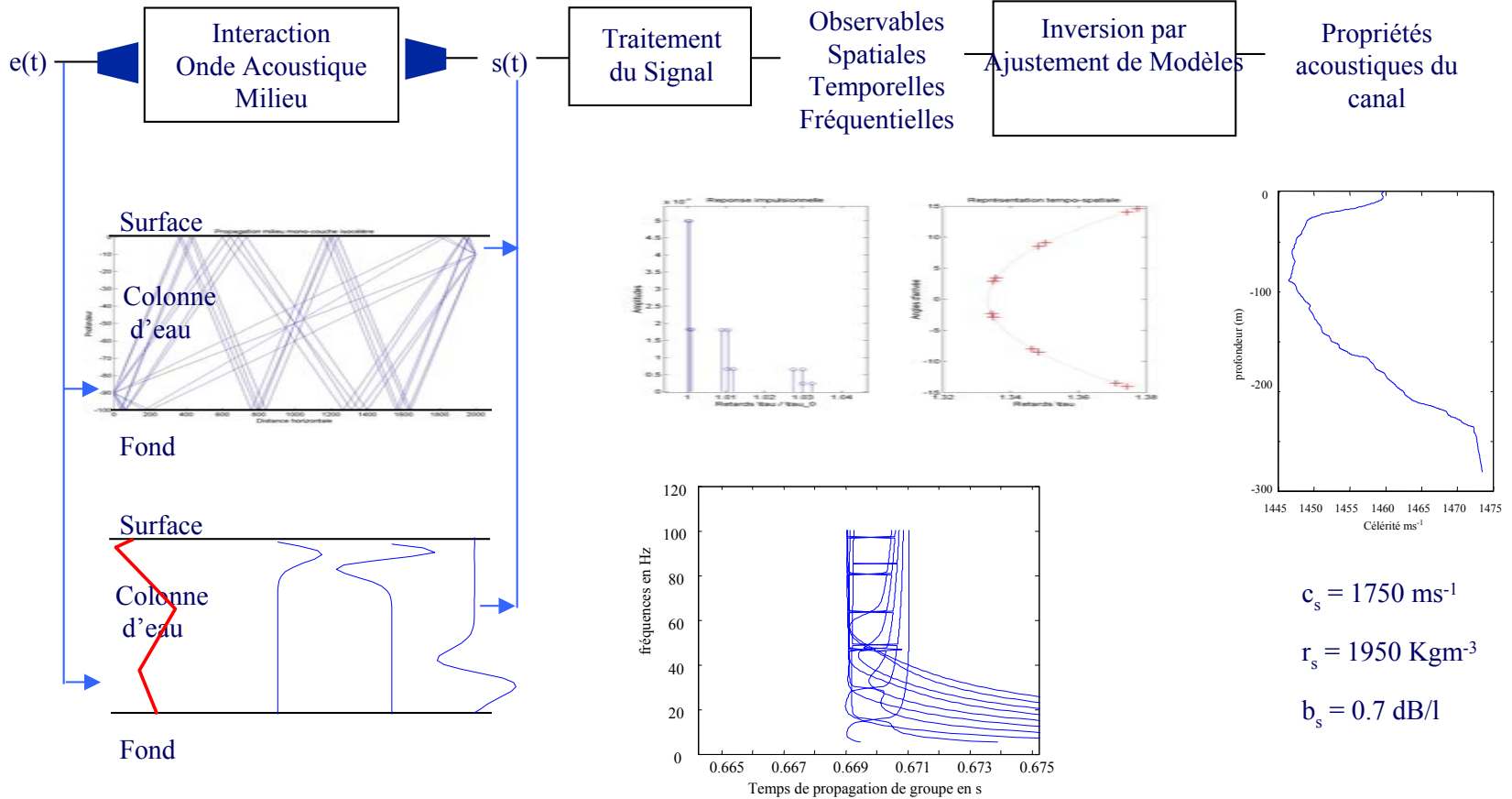


> Tomographie Acoustique Passive

On s'intéresse dans ce projet à la **caractérisation acoustique** du canal sous marin par **procédé tomographique discret** ou **passif** en utilisant les **sources d'opportunité** naturellement présentes dans le milieu.

- ❑ **T.A.O Discrète** : active, à formes d'onde difficilement interceptables
- ❑ **T.A.O Passive Assistée** : présence d'une entité coopérante, forme d'onde inconnue
- ❑ **T.A.O Passive Autonome** : présence d'une entité, forme d'onde inconnue, position inconnue

La Tomographie Acoustique



> Tomographie Acoustique Passive

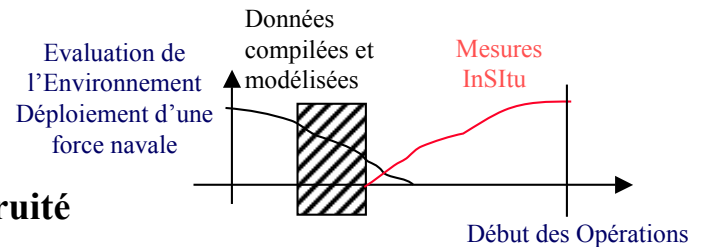
□ La **tomographie** acoustique **active** utilise l'émission d'un signal **connu**, **résolvant**, à fort RSB, en une position **connue**

□ Problèmes posés

- mise en place et maintien des sources si observatoire de longue durée
- respect de la faune marine
- discrétion

□ Spécificité du milieu sous marin : fortement bruité

□ Concept de la **tomographie passive**: utiliser les **sources d'opportunité** présentes dans le milieu pour **estimer les propriétés de celui-ci**.



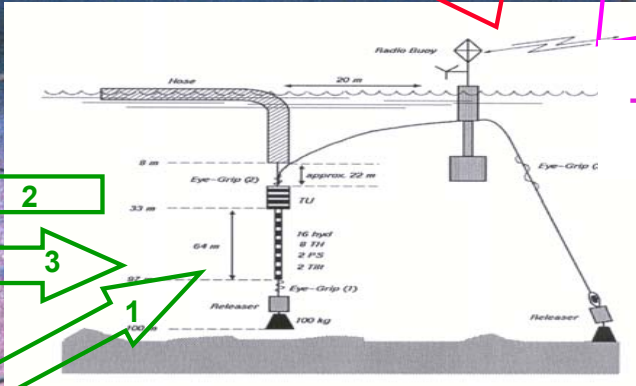
Concept 2 : Tomographie Passive Assistée



Geometry ?

Water column properties ?

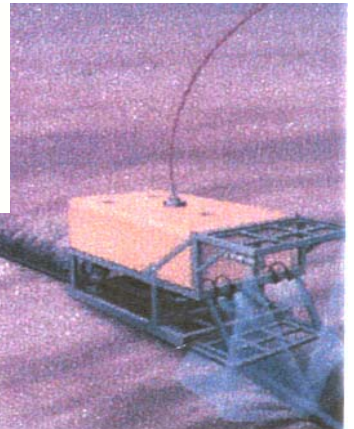
Bottom nature ?



Concept 3 : Tomographie Passive Autonome

STEREO DISCRET

Concept 1 : Tomographie Active Discrète



La Tomographie Acoustique

La tomographie acoustique passive est envisagée comme un problème inverse.

E3I2

Hypothèses	Proposition de 3 concepts d'emploi	Thématique Modélisation et Caractérisation de l'Environnement
Résolution du problème direct	Modélisation des sources d'opportunité, de la propagation acoustique des sources mobiles en milieu complexe	
Conditionnement du problème inverse et Régularisation	Prévision de performances et conception optimale des expériences	Thématique Représentation Extraction de l'Information
Algorithmes d'extraction de la structure temporelle ou/et spatiale des arrivées	Traitement passif mono-capteur Temps-Fréquence, Séparation de sources Traitement passif multi-capteurs Temps-Fréquence-Espace	
Inversion	Procédé d'inversion sur des sources mobiles	Thématique Fusion Aide à la Décision
Validation expérimentale	Edition de cahiers des charges et dépouillement des mesures	
Système opérationnel	Définition de l'architecture et proposition d'une intelligence algorithmique pour la prise en compte de la diversité d'informations	

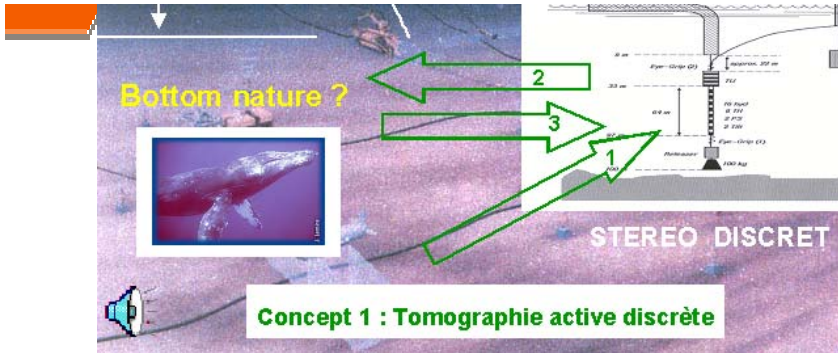


1] Présentation Générale de l'ENSIETA – Lien avec l'ASM

- Activités pédagogiques
- Activités de recherche

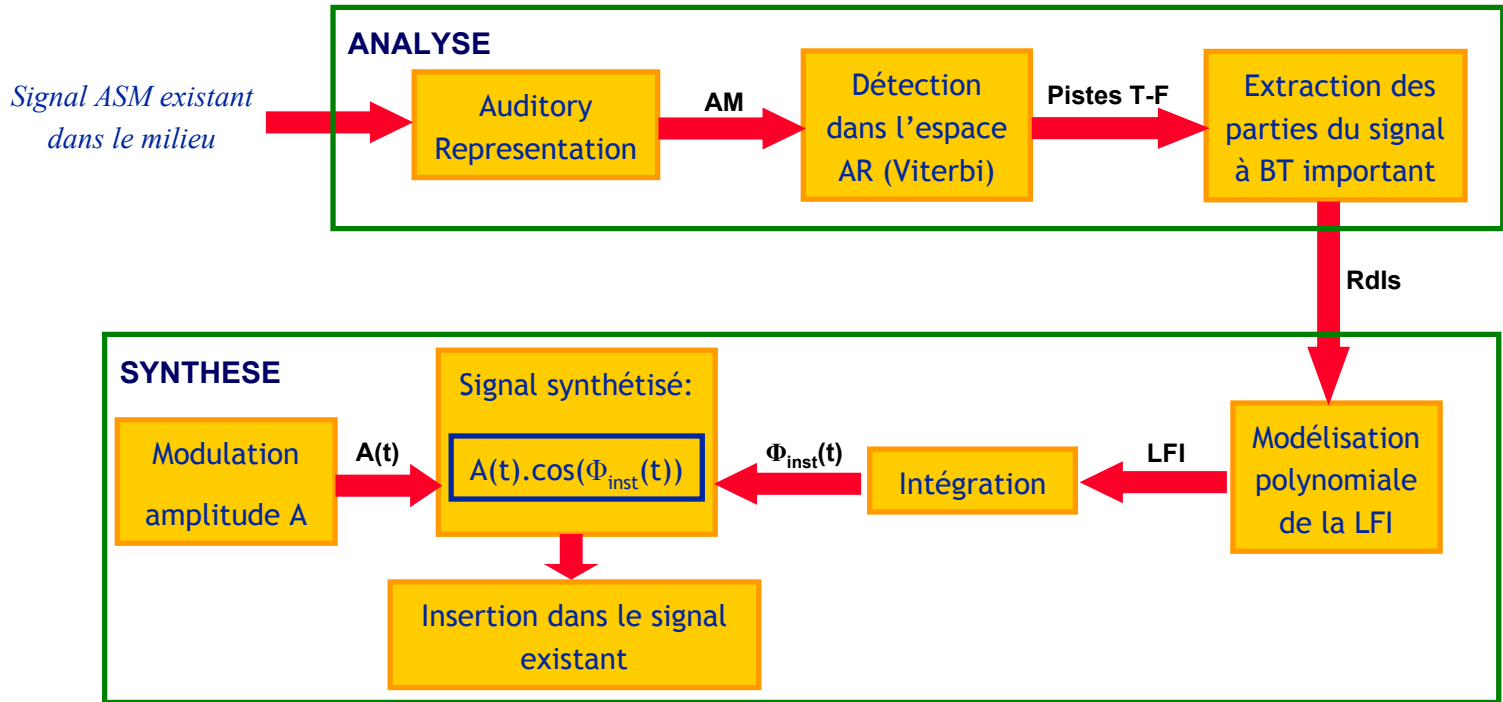
2] Zoom sur la Tomographie Acoustique Passive

- Le concept de la tomographie acoustique passive
- **Trois exemples d'applications utilisant des vocalises de mammifères marins**

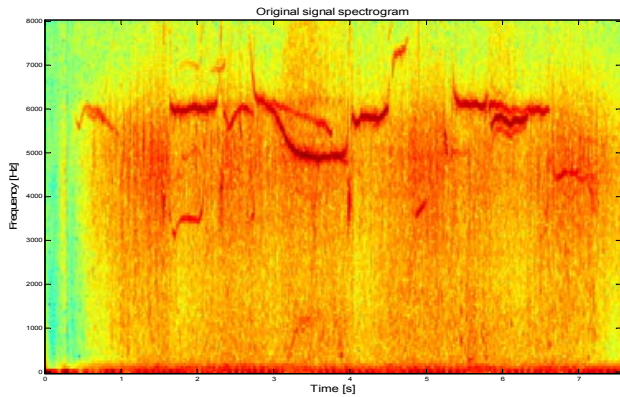
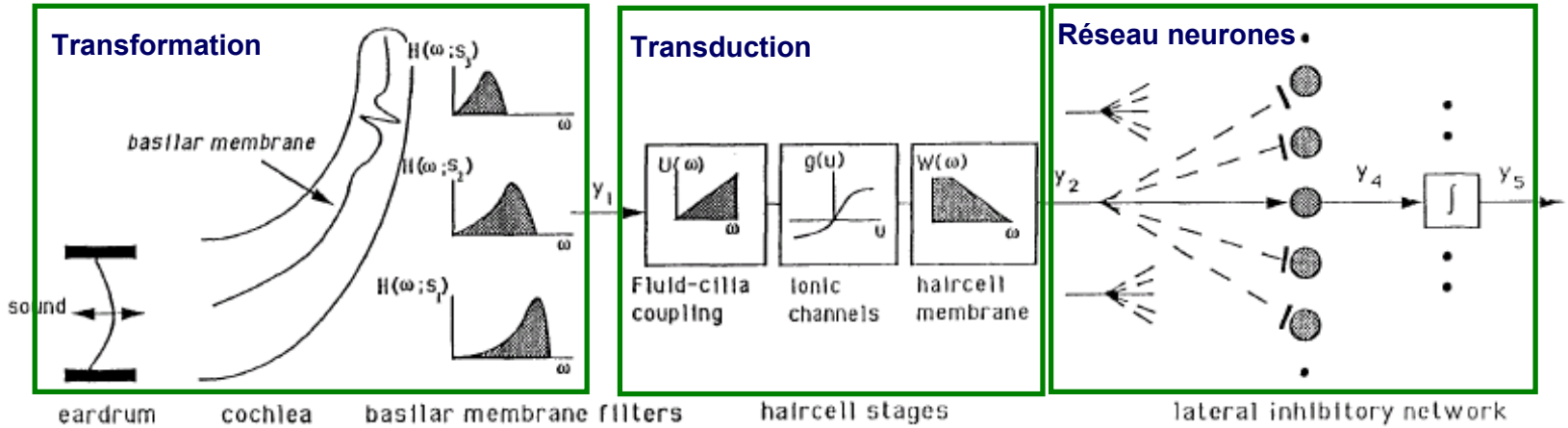
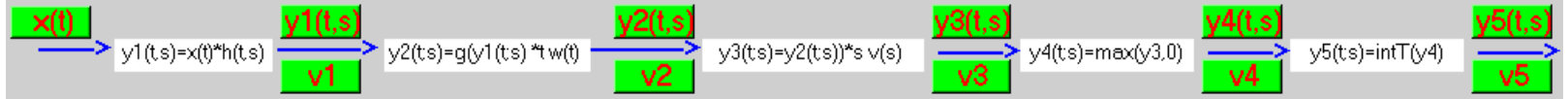


Exemple 1 : La Tomographie Acoustique Discrète

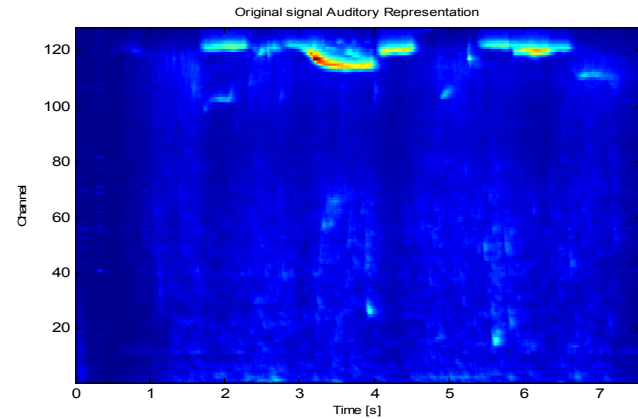
A. Quinquis et Al.



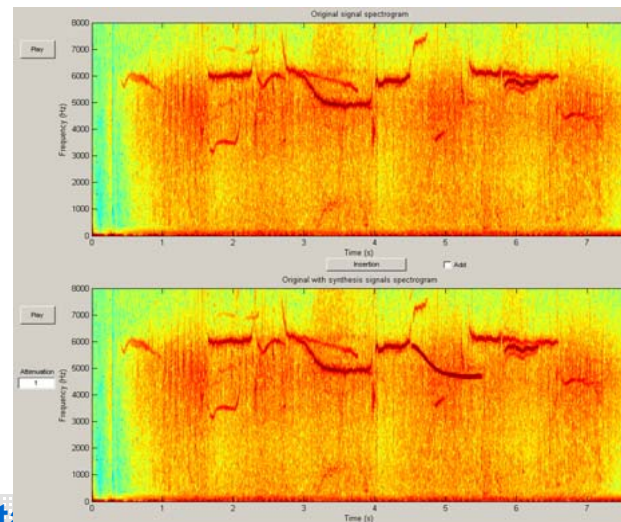
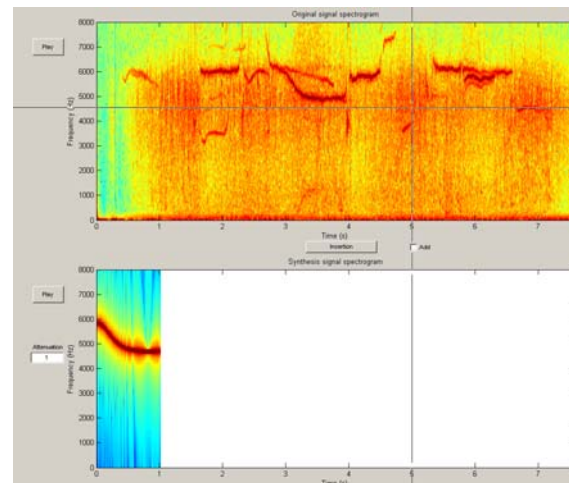
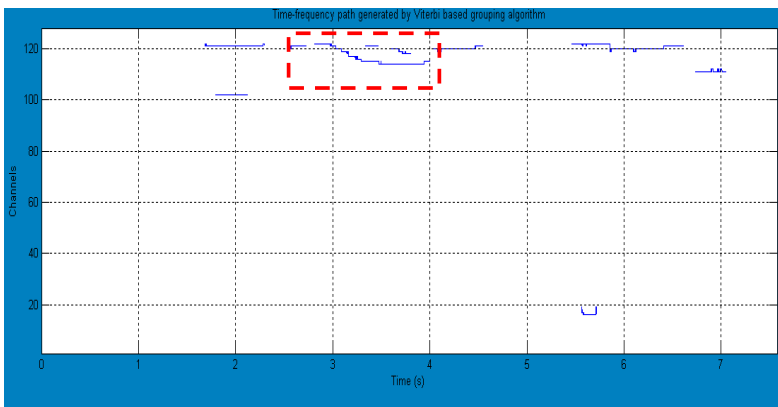
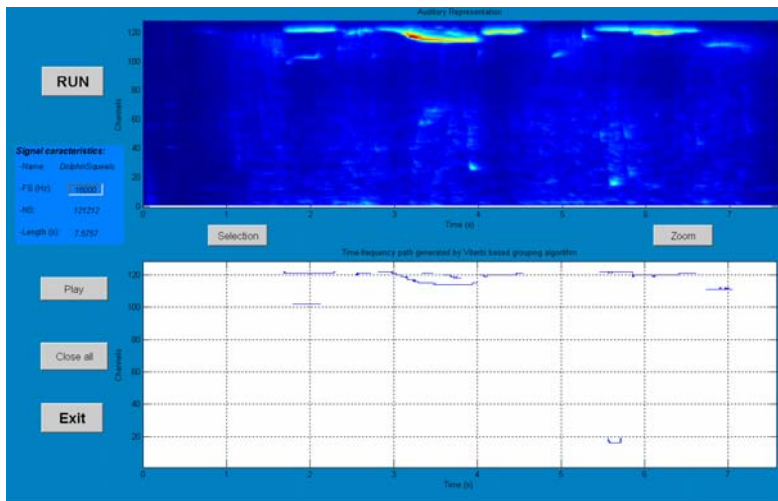
ANALYSE



Spectrogramme classique



Auditory representation



Exemple 2 : La Tomographie Passive Autonome HF (f ~ 3 KHz)



Hypothèses

Résolution du problème direct

Conditionnement du problème inverse et
Régularisation

Algorithmes d'extraction de la
structure temporelle ou/et spatiale des
arrivées

Inversion

Validation expérimentale

Système opérationnel

- Propagation par rayons acoustiques
- Estimation passive des temps de propagation le long des trajets acoustiques
- Estimation des atténuations le long des trajets

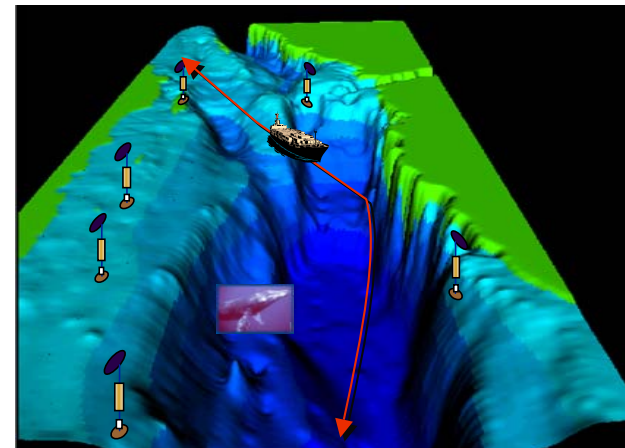
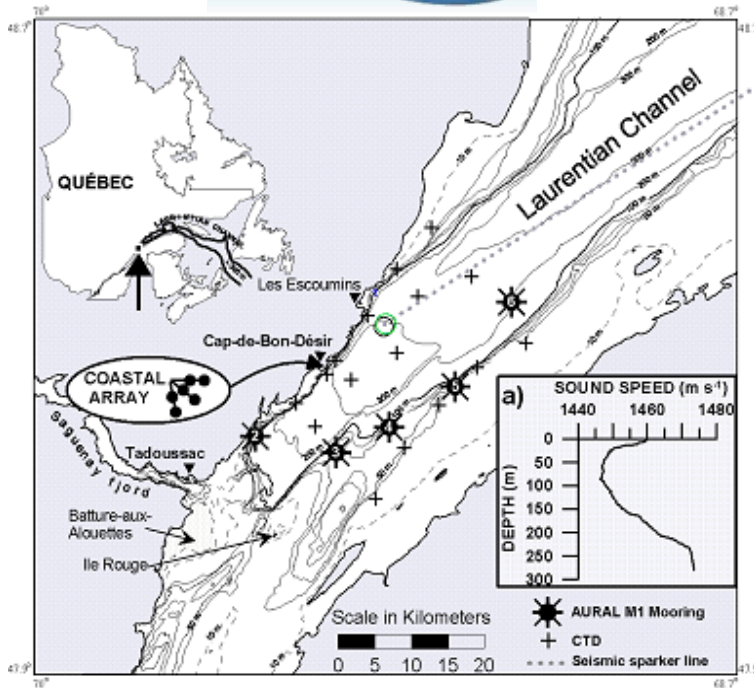
$$h(t) = \sum_{i=1}^N a_i \delta(t - \tau_i)$$

$$r(t) = h(t) \otimes e(t) + b(t) = \sum_{i=1}^N a_i e(t - \tau_i) + b(t)$$

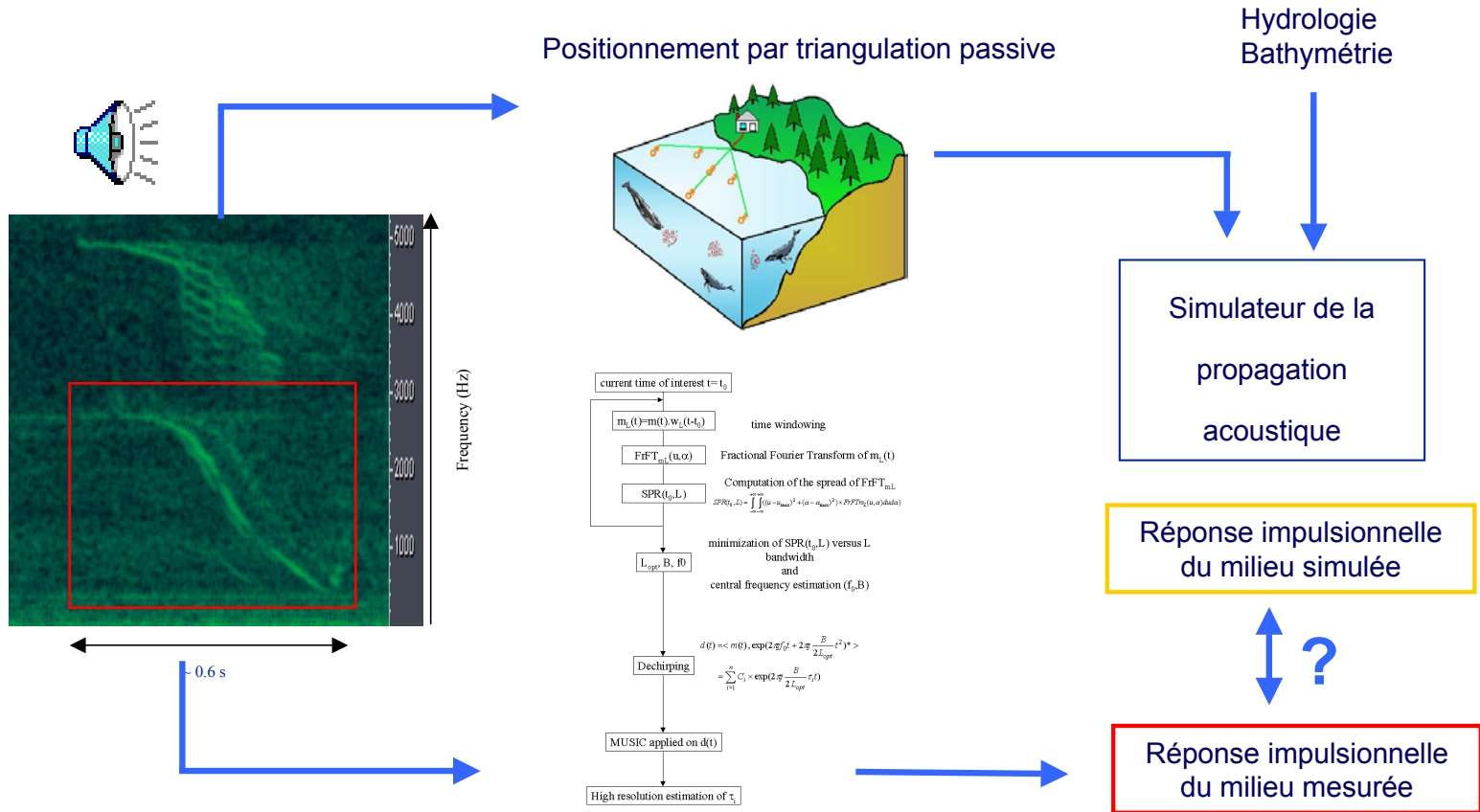
**Exemple 2 : La Tomographie Passive Autonome
HF ($f \sim 3$ KHz)**



Beluga

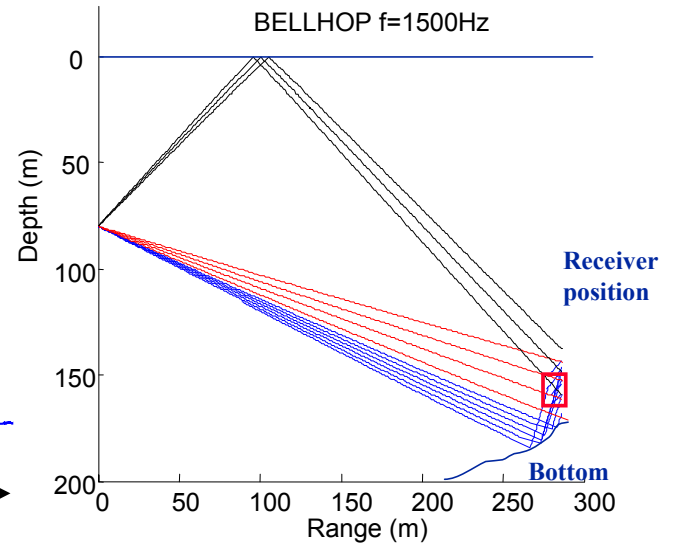
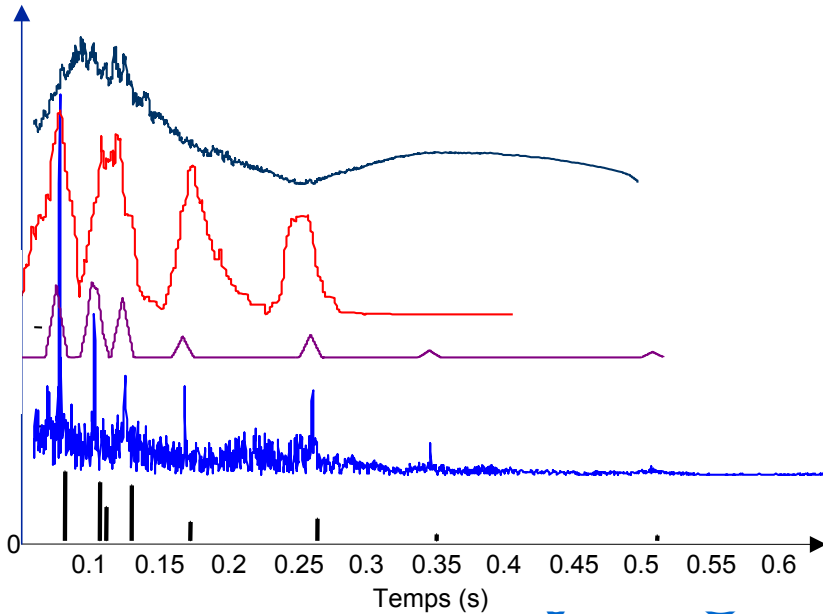
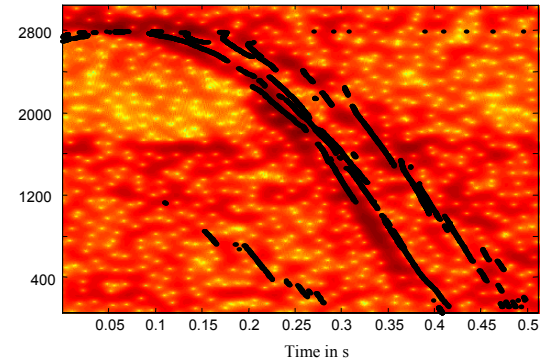
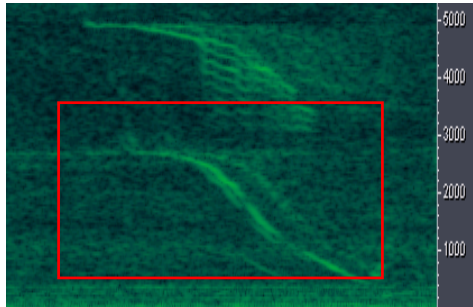


Exemple 2 : La Tomographie Passive Autonome HF (f ~ 3 KHz)



Caractérisation passive de la réponse du milieu acoustique entre la source d'opportunité et le récepteur

Exemple 2 : La Tomographie Passive Autonome HF ($f \sim 3$ KHz)





Exemple 3 : La Tomographie Passive Autonome HF (f ~ 300 Hz)



Hypothèses

Résolution du problème direct

Conditionnement du problème inverse et Régularisation

Algorithmes d'extraction de la structure temporelle ou/et spatiale des arrivées

Inversion

Validation expérimentale

Système opérationnel

- Propagation par modes acoustiques
- Estimation passive des temps de propagation de groupe en fonction du mode et de la fréquence



$$H(f) \approx \frac{i}{\rho(z_s)\sqrt{8\pi}} e^{-i\pi/4} \sum_{m=1}^{\infty} h_m(z_s, f) h_m(z_r, f) \frac{e^{ik_{rm}(f)r}}{\sqrt{k_{rm}r}}$$

$$r(t) = h(t) \otimes e(t) + b(t)$$

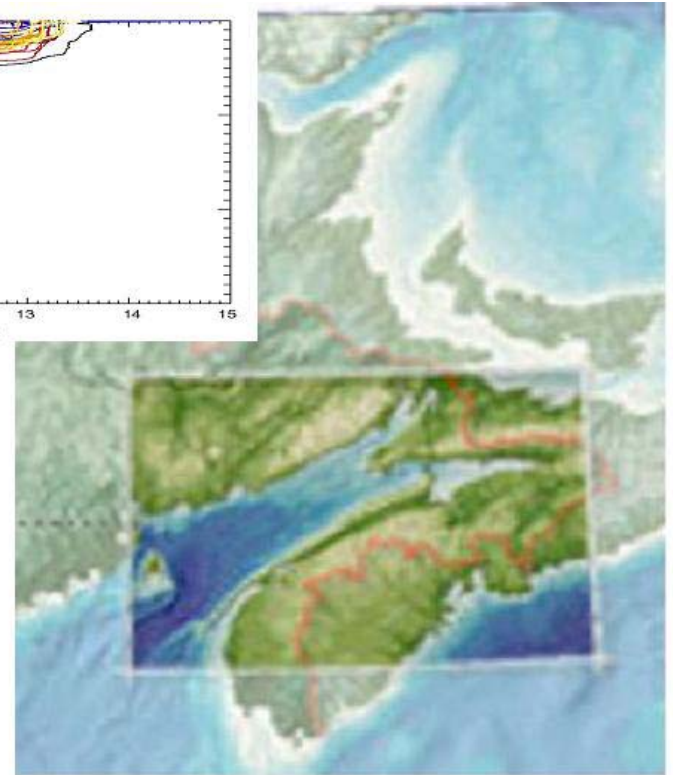
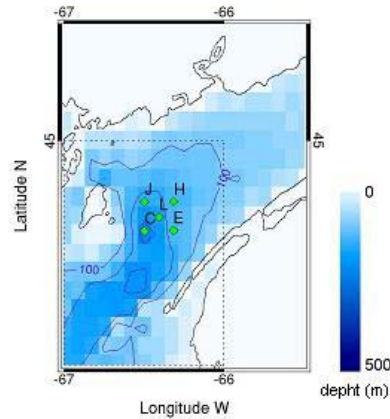
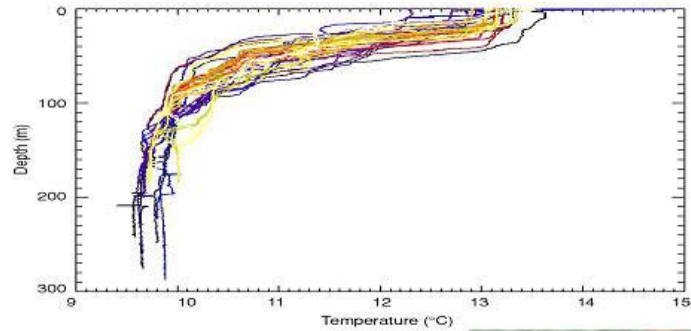
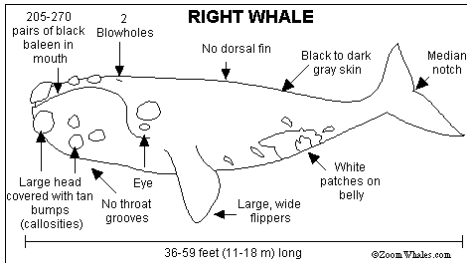
$$v_g(m, f) = 2\pi \frac{\partial f}{\partial k_{rm}}$$

$$\tau_g(m, f) = \frac{r}{v_g(m, f)}; \forall m, f$$

Exemple 3 : La Tomographie Passive Autonome HF (f ~ 300 Hz)



Baleine Franche



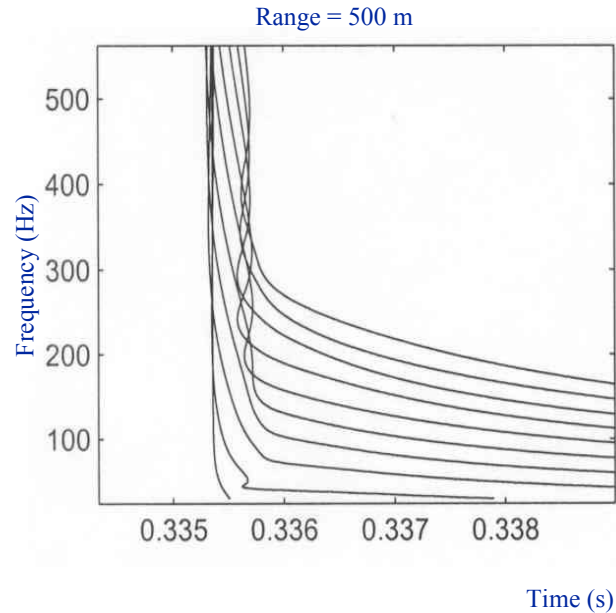
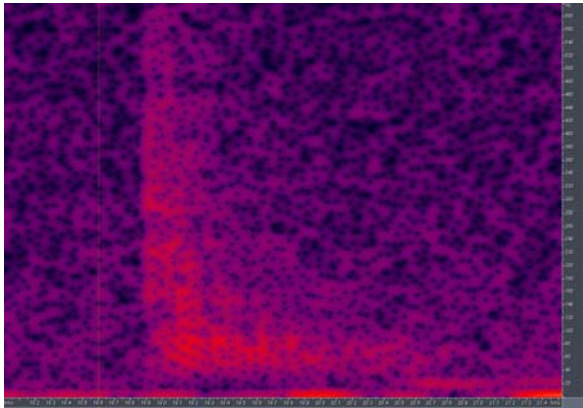
Location : 44°00' ... 46°00'
-63°00' ... -67°00'

Lat N
Long W



**Exemple 3 : La Tomographie Passive Autonome
HF ($f \sim 300$ Hz) => ! Résultats préliminaires**

typical measurements



typical simulation results
ORCA

(periodogram, 1200 Hz sampling frequency, Kaiser 180 dB window, 256 samples length)



1] Présentation Générale de l'ENSIETA – Lien avec l'ASM

- Activités pédagogiques
- Activités de recherche

2] Zoom sur la Tomographie Acoustique Passive

- Le concept de la tomographie acoustique passive
- Trois exemples d'application utilisant des vocalises de mammifères marins

Merci pour votre attention ! Prêt pour les question ?