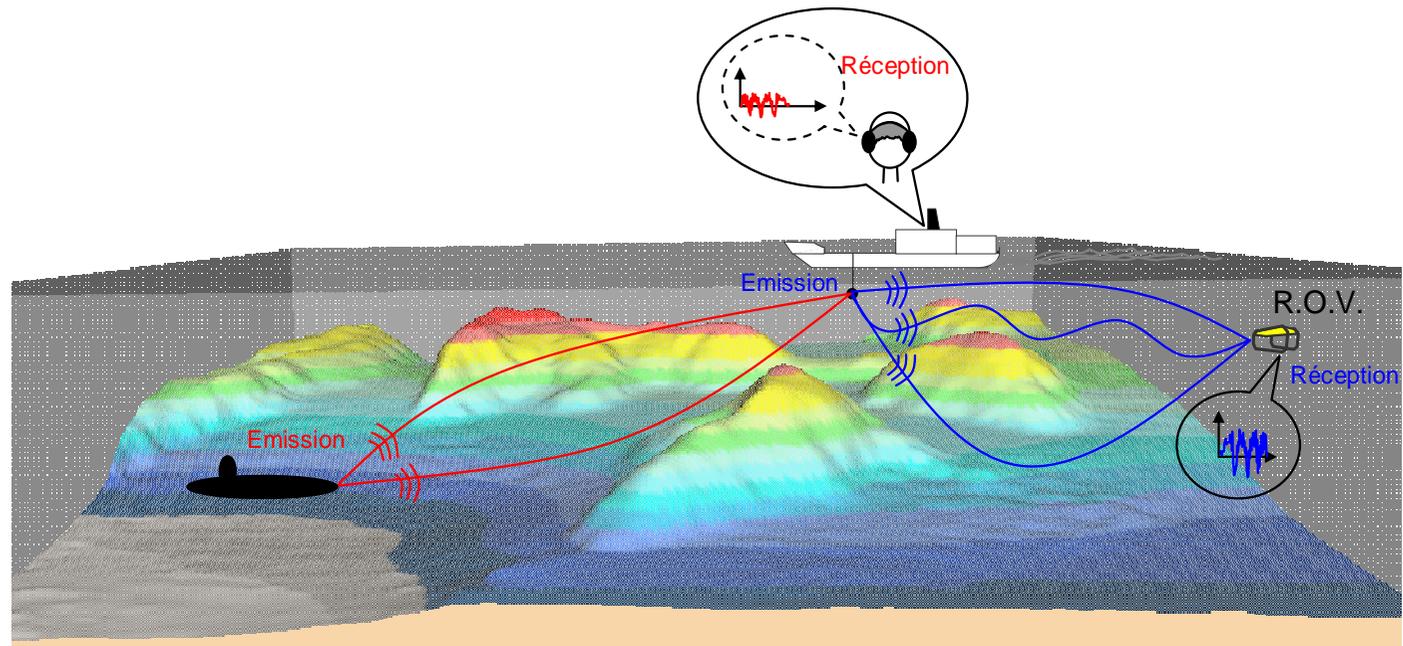




RAYSON : Simulateur temps réel des communications acoustiques sous-marines

→ Estimation des performances du canal sous-marin



Claire NOEL Christophe VIALA - Docteurs-Ingénieurs spécialisés en ASM
Directeur scientifique

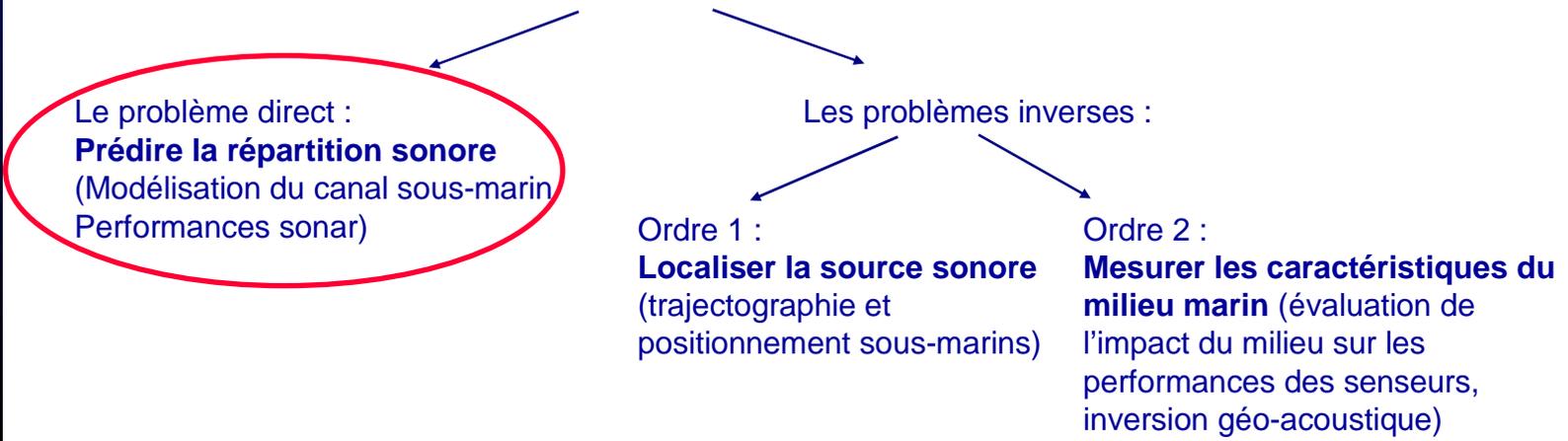


SEMANTIC TS

Bureau d'études en Océanographie et Acoustique Sous Marine
... Lutte Sous-Marine ... Guerre des Mines ... Océanographie opérationnelle ...
Spécialisé en Acoustique Sous-marine et en Traitement du Signal



Utilise le son pour inférer le milieu marin.
Deux grandes familles de problèmes sont résolus:





Canal acoustique sous-marin

- **La propagation se fait au travers de chenaux acoustiques caractérisés par**
 - des phénomènes multi-trajets
 - dont les caractéristiques varient temporellement
- **Les variations sont dues**
 - **au milieu marin**
 - variation de la célérité du son
 - de la nature du fond marin
 - de la forme de la surface
 - **aux instruments :**
 - Mouvements
 - Profondeur d'immersion...
- **L'évaluation des performances de la transmission nécessite de prendre en compte la variabilité afin d'estimer la robustesse du process de communication sous-marine.**
- **Les travaux actuels se focalisent sur la caractérisation de la dispersion temporelle et fréquentielle et de leur conséquences sur les transmissions.**



RAYSON : Logiciel de modélisation de la propagation du son par rayons sonores

- Prédit la répartition du son en utilisant une méthode de rayons basée sur une simplification de l'équation d'Helmholtz
 - valable à hautes fréquences (grands fonds).
 - équation différentielle définissant la trajectoire d'un rayon en prenant en compte les valeurs locales de la célérité et de ses gradients

- Petits fonds & Grands fonds
 $H < 10 \lambda$ $H > 100 \lambda$

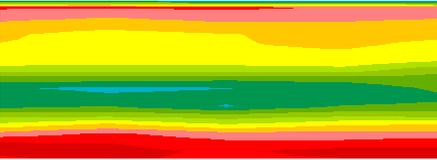
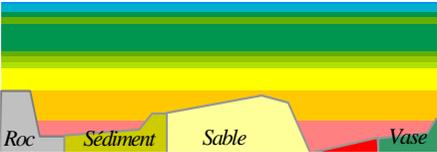
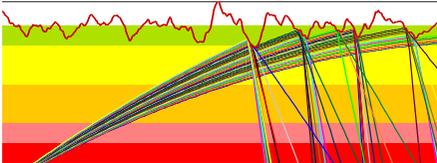
Application	Fréquence	Lamda	Fond de 10 m	100 m	1000 m
Sondeur	150 kHz	1 cm	1000	10000	100000
Communication	15 kHz	10 cm	100	1000	10000
Sonar	1500 Hz	1 m	10	100	1000
Sismique	150 Hz	10 m	1	10	100

Ordre de grandeur des domaines de validité des rayons



RAYSON

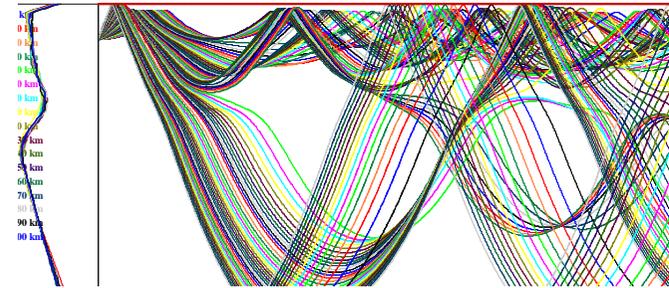
Environnement océanique pris en compte

	<ul style="list-style-type: none"> ■ Milieu stratifié : homogène horizontalement : détermination et discrétisation des solutions analytiques
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Milieu évolutif (avec la distance) : Schéma de Runge Kutta. Le nombre de profils de célérité est uniquement limité par la mémoire du processeur.
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Forme et nature du fond : permet de prendre en compte sédiment, sable, vase, roche, fond fluide, fond avec pertes constantes (pour calibration)
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Surface variant dans l'espace et dans le temps. (Glace en surface : océan arctique)

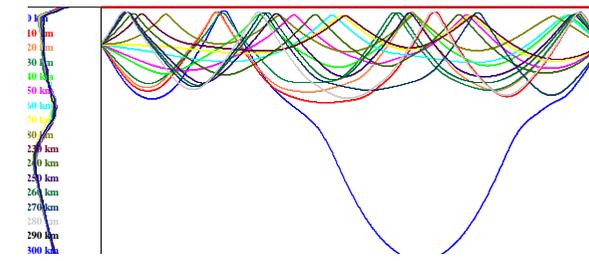


Fonctionnalités

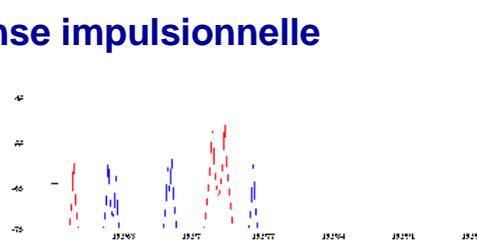
Trajectoires
des rayons



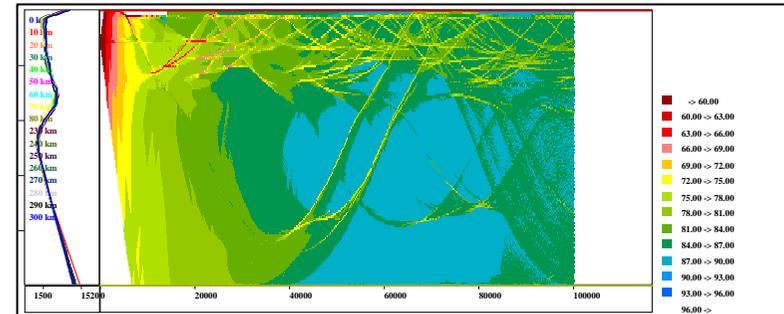
Rayons propres



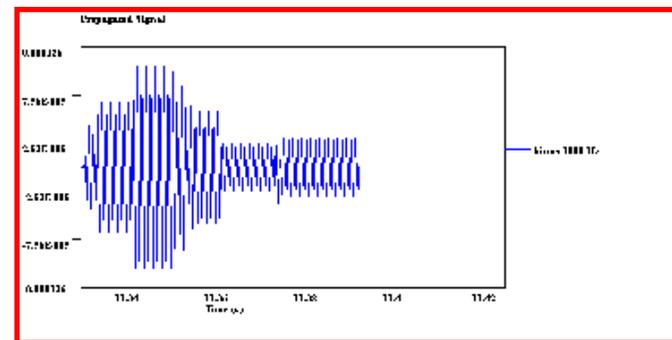
Réponse impulsionnelle



Champ de pertes



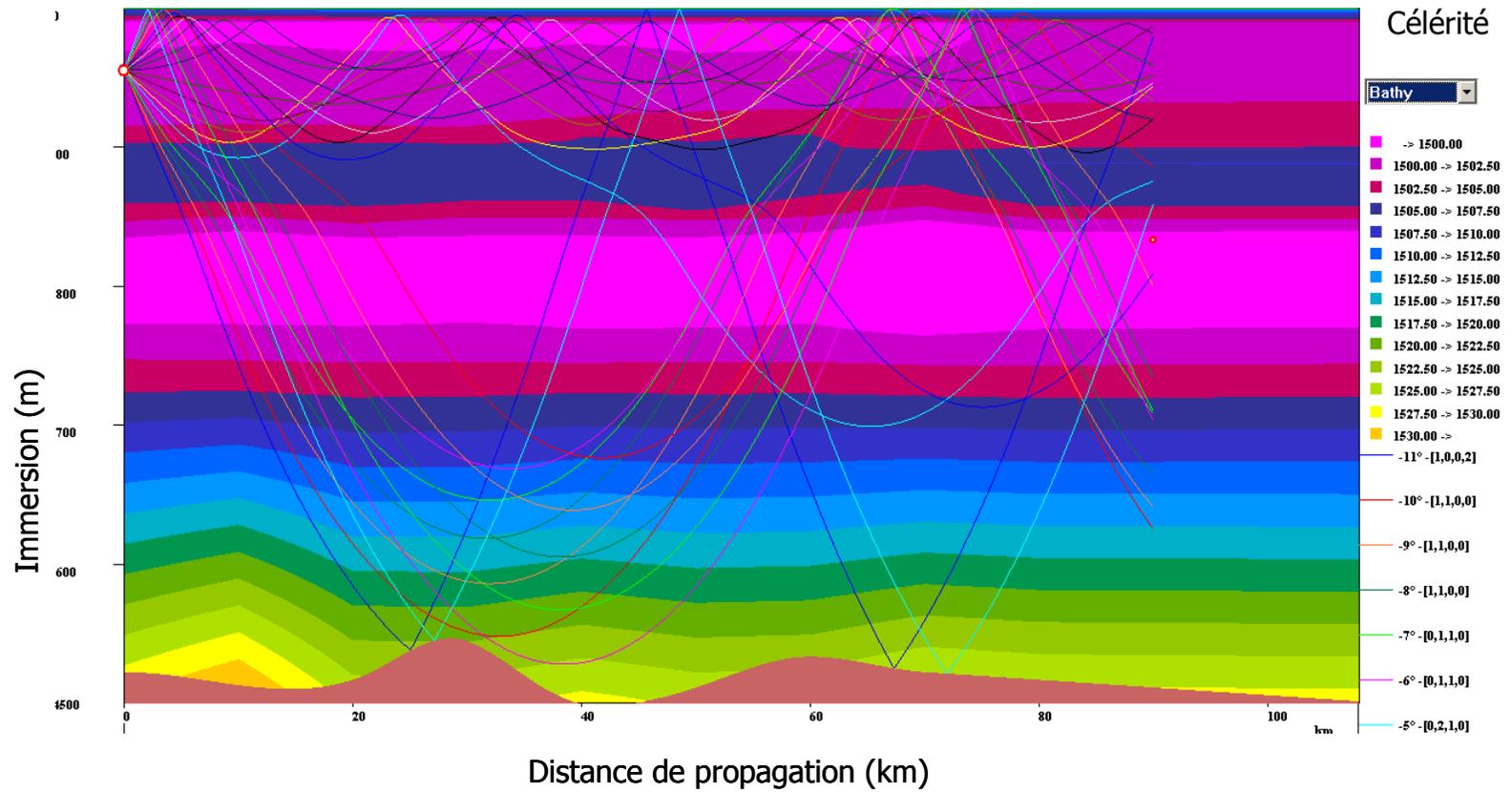
Transmission
Temps réel





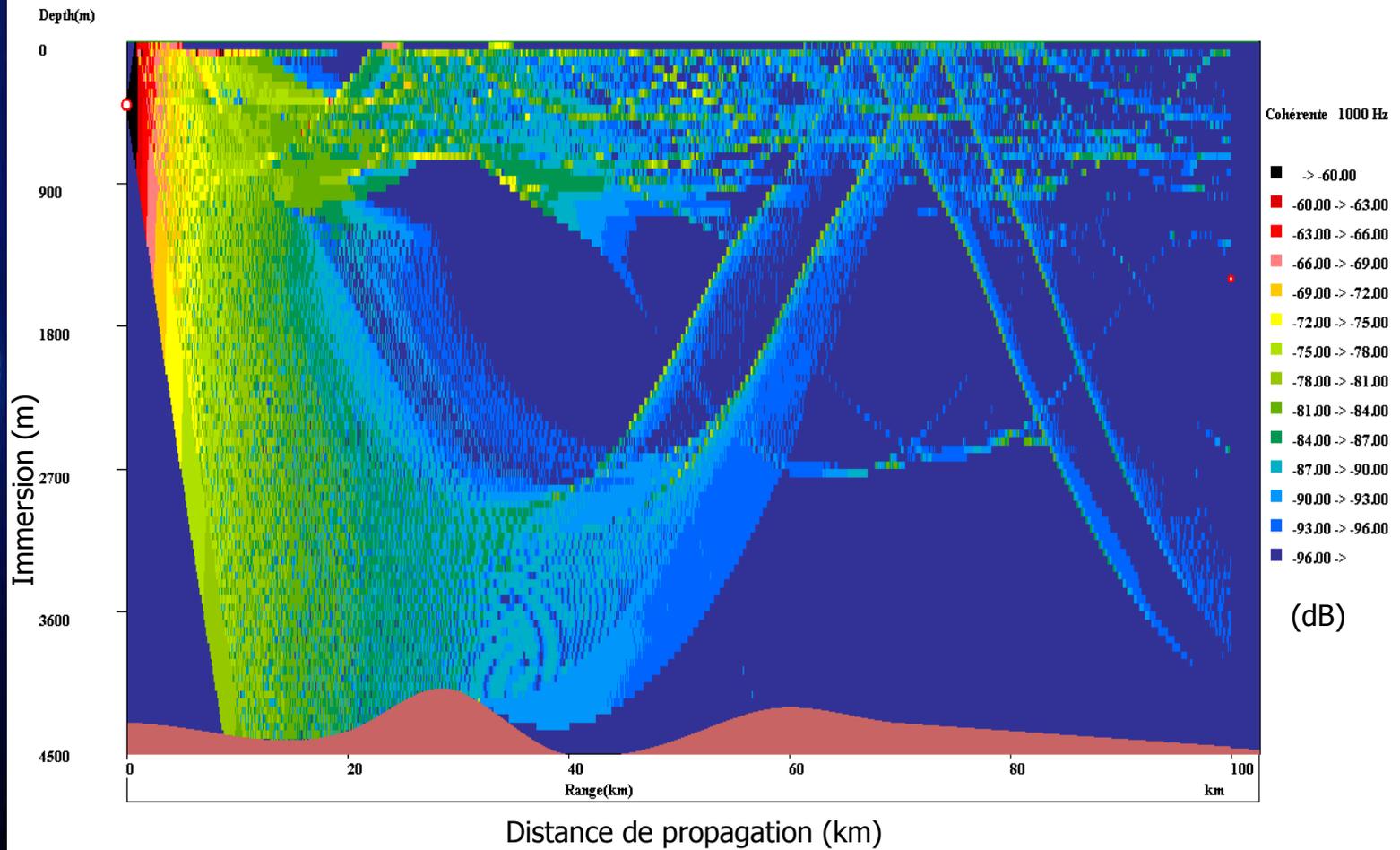
Rayson

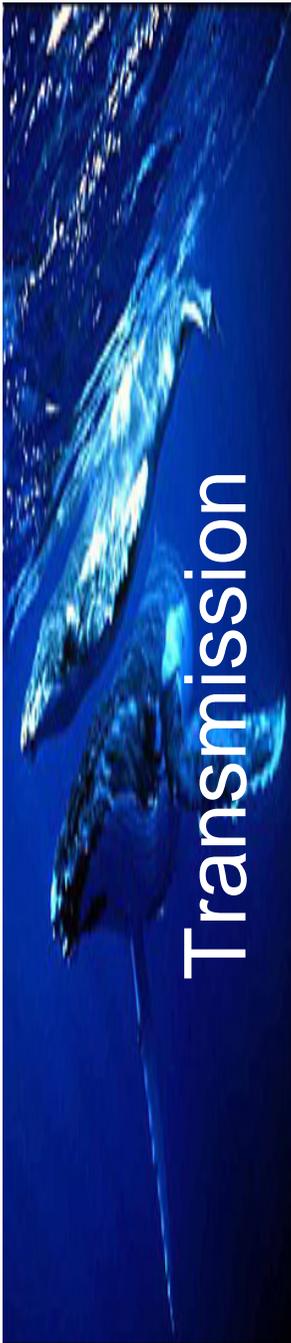
Calcul des caractéristiques des rayons simples



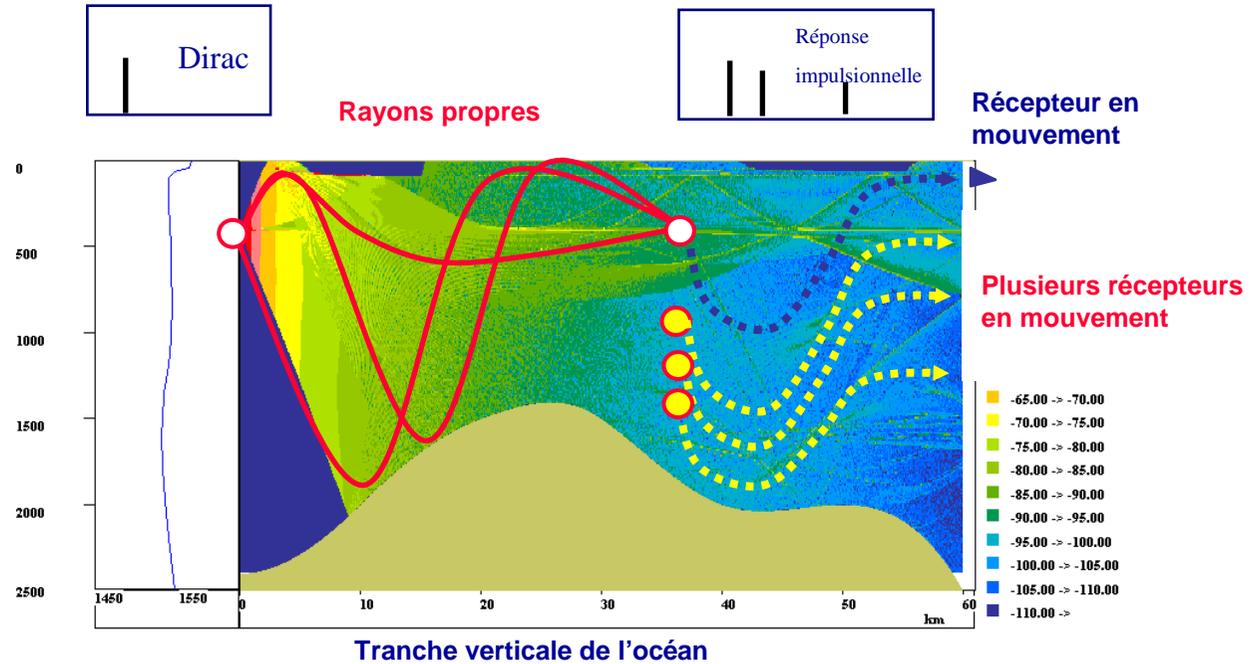
Rayson

Calcul des champs de pertes





Problème de la transmission >> Comment RAYSON determine-t-il le signal transmis ?



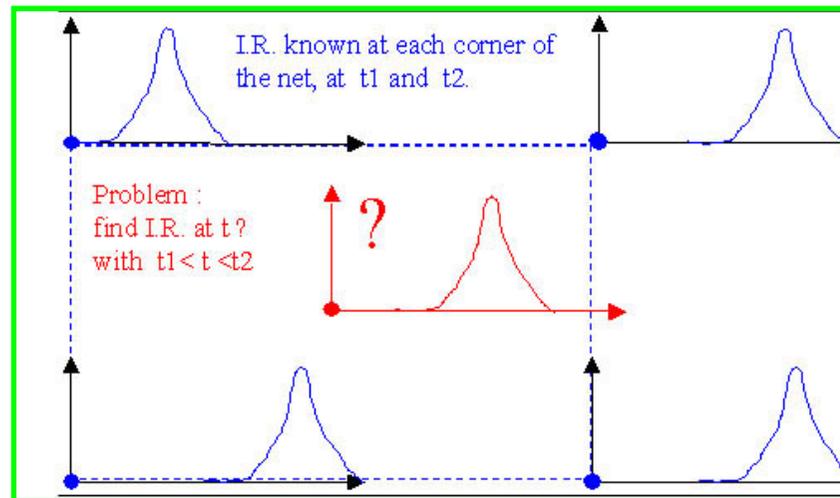
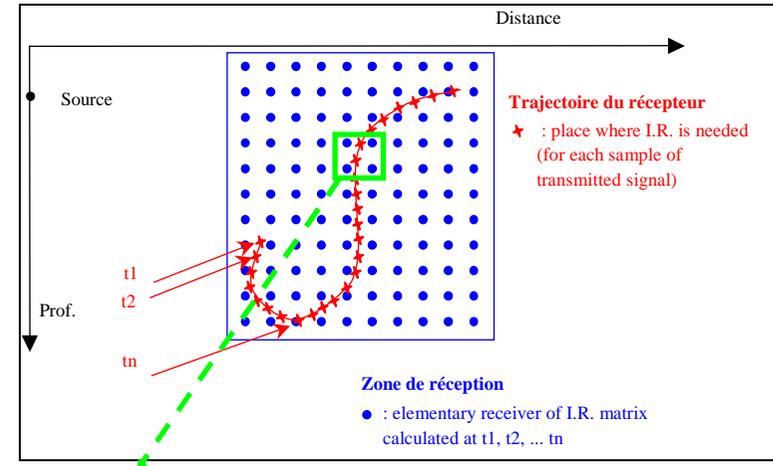
Signal Transmis = Convolution (Signal émis , Réponse impulsionnelle)

Difficultés : si le récepteur est en mouvement
 → La réponse impulsionnelle est non stationnaire

→ Détermination échantillon par échantillon en prenant en compte les positions du récepteur

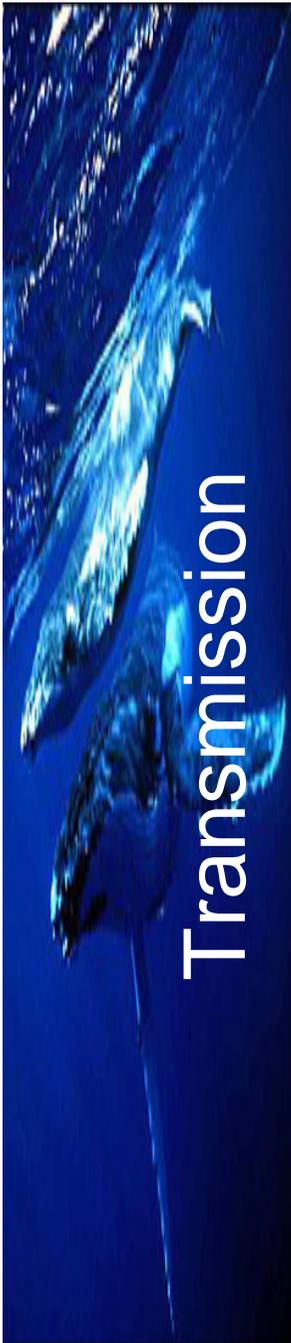
Transmission : Principe

- **Prise en compte**
 - Trajectoire du récepteur (x, z, t)



Réponse impulsionnelle
interpolation pour chaque
position du récepteur

- **Prise en compte** : Directivité de la source et du récepteur (S_v, S_h)



Transmission

Signal émis

Trajectoires

Calcul du signal propagé

Transmission | Pertes | Fond | Surface | Transducteurs

Signal émis (Wav) C:\Temp\sinus_8900_Hz_FE_48kHz_500s.wav

Nombre de trajectoire 1

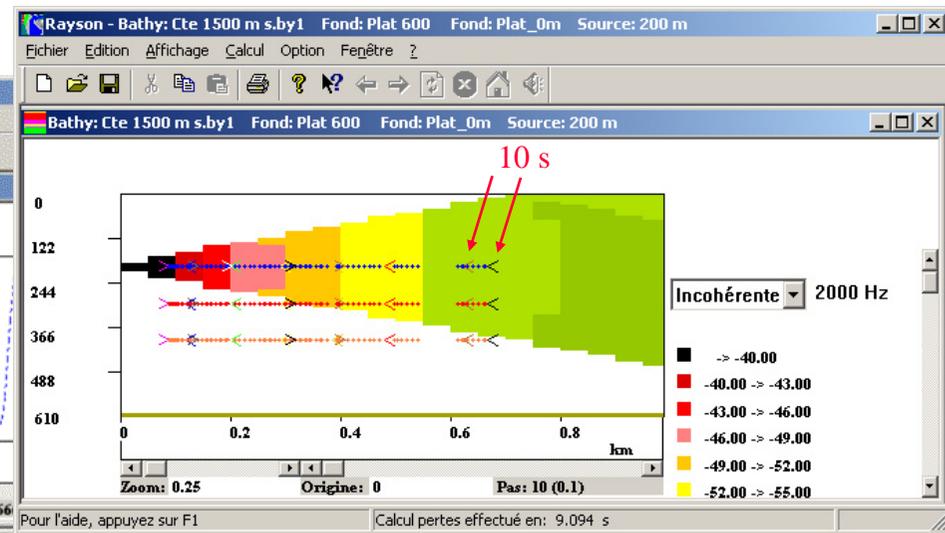
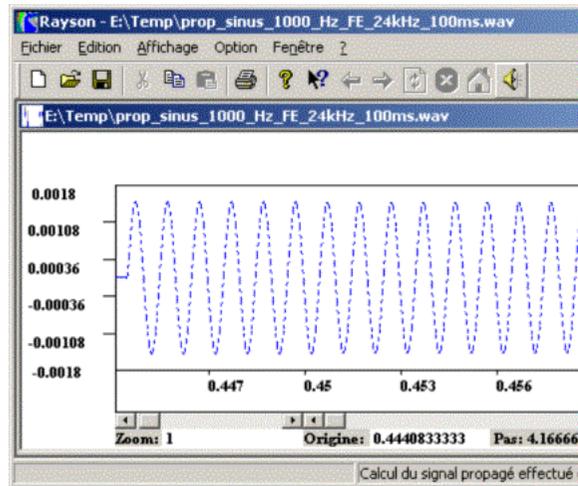
Nouveau point

Trajectoire	Temps (s)	R (m)	Z (m)
0	4	660.418	200

Temps	R0	Z0	R1	Z1
0.000000	667.587	200		
2.000000	663.99	200		
4.000000	660.418	200		
6.000000	656.85	200		
8.000000	653.346	200		
10.000000	649.876	200		
12.000000	646.375	200		
13.999999	642.932	200		

Supprimer Supprimer tout Copier Coller

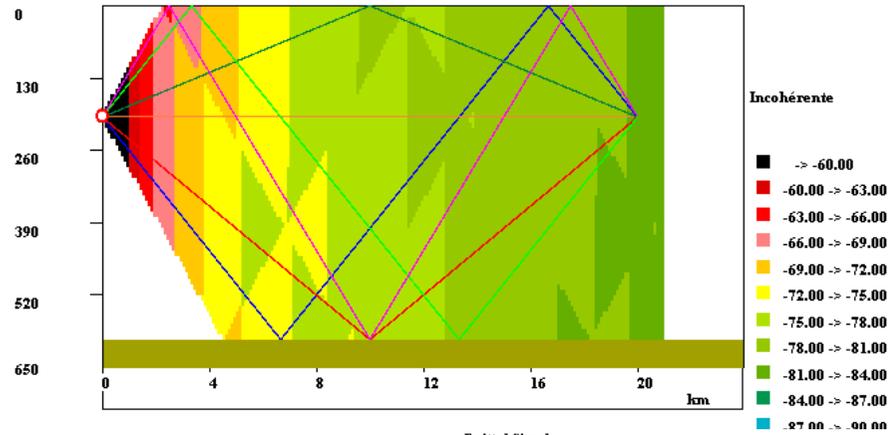
OK Annuler Appliquer Aide



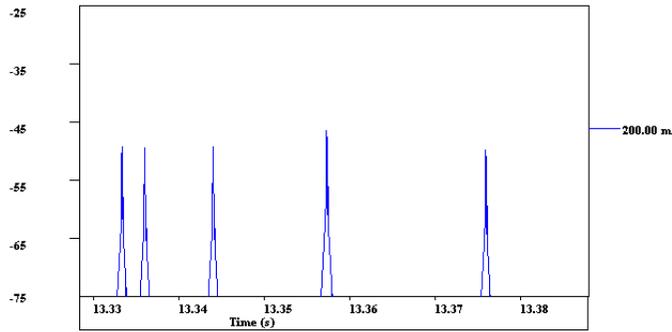


Exemple N°1 :

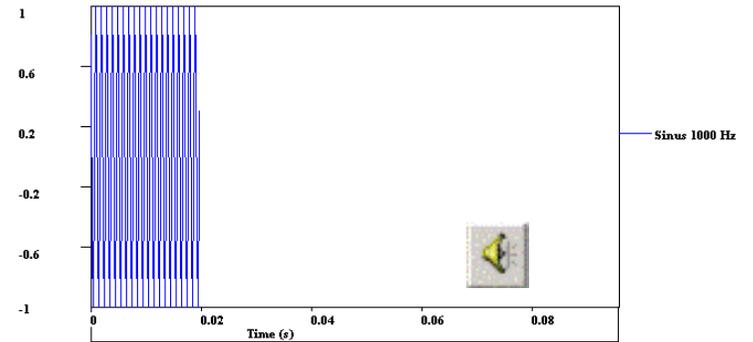
Losses field and eigen rays



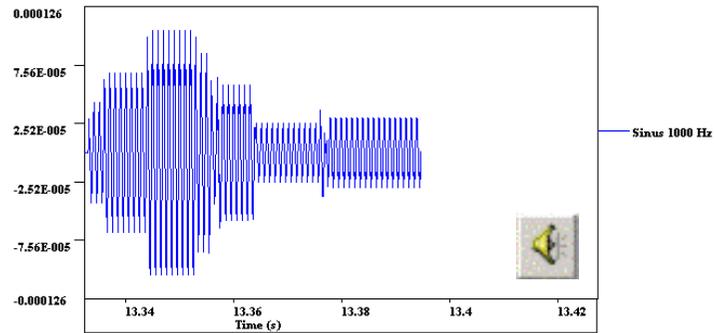
Impulse Response

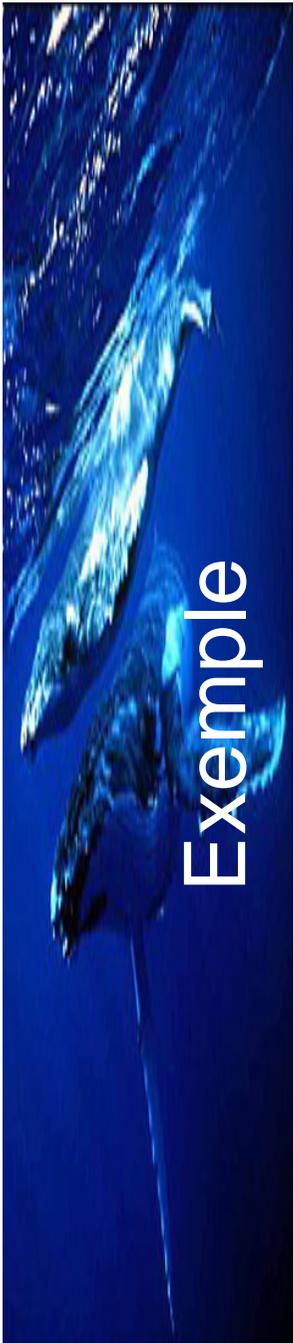


Emitted Signal



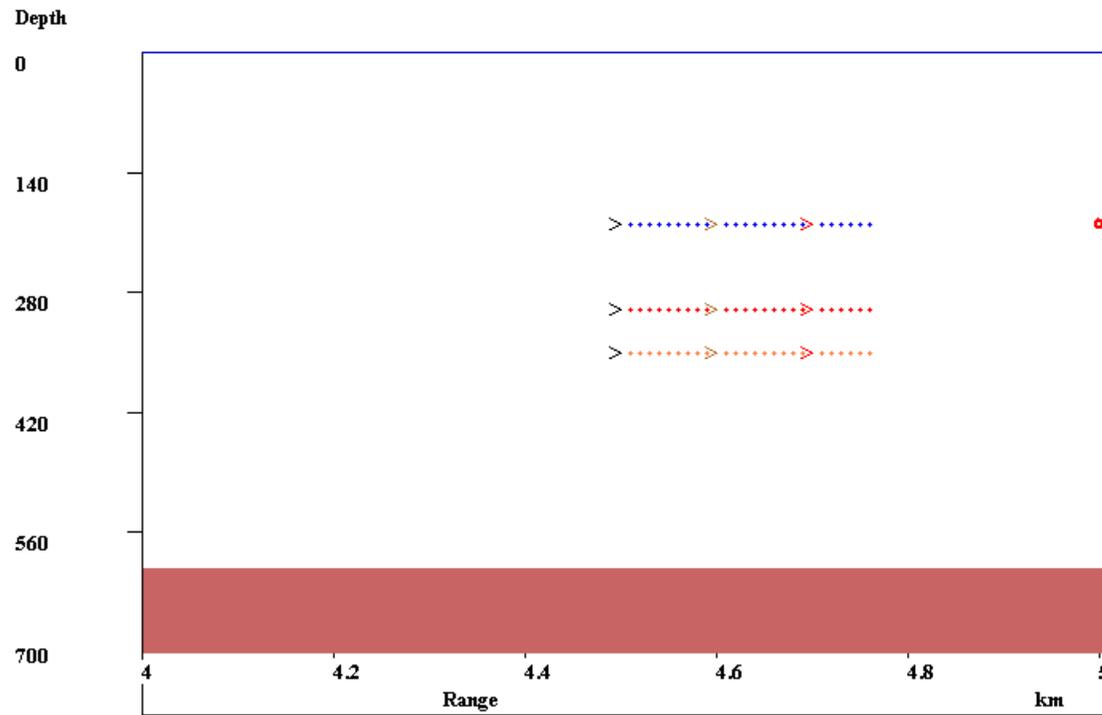
Propagated Signal

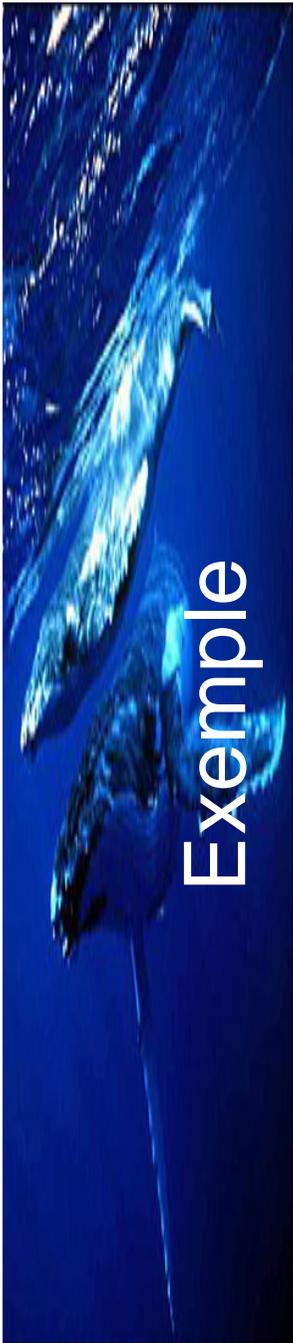




Exemple N°2 :

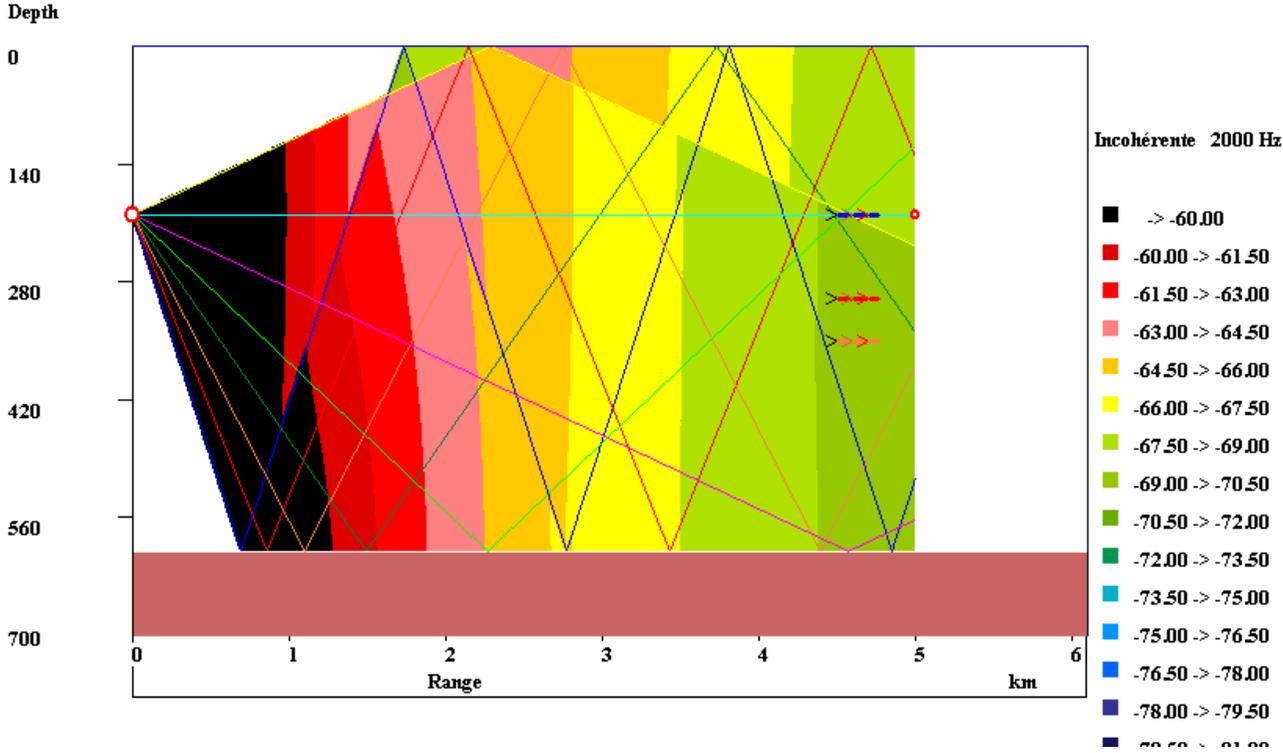
3 récepteurs en mouvement

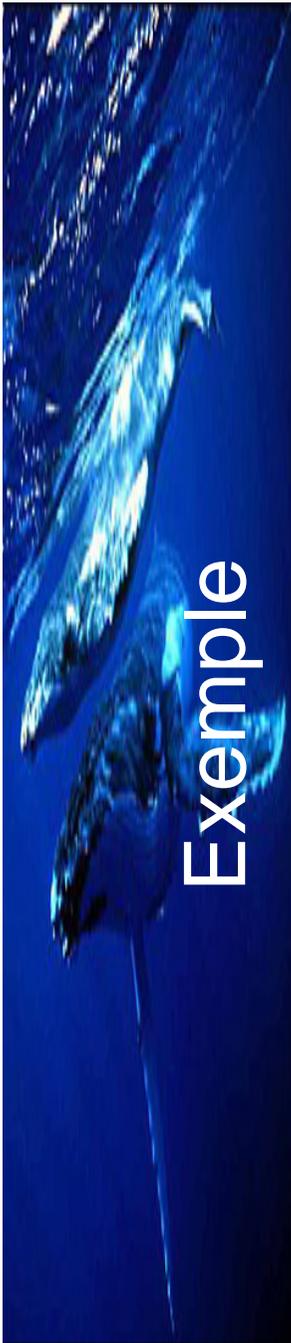




Exemple N°2 :

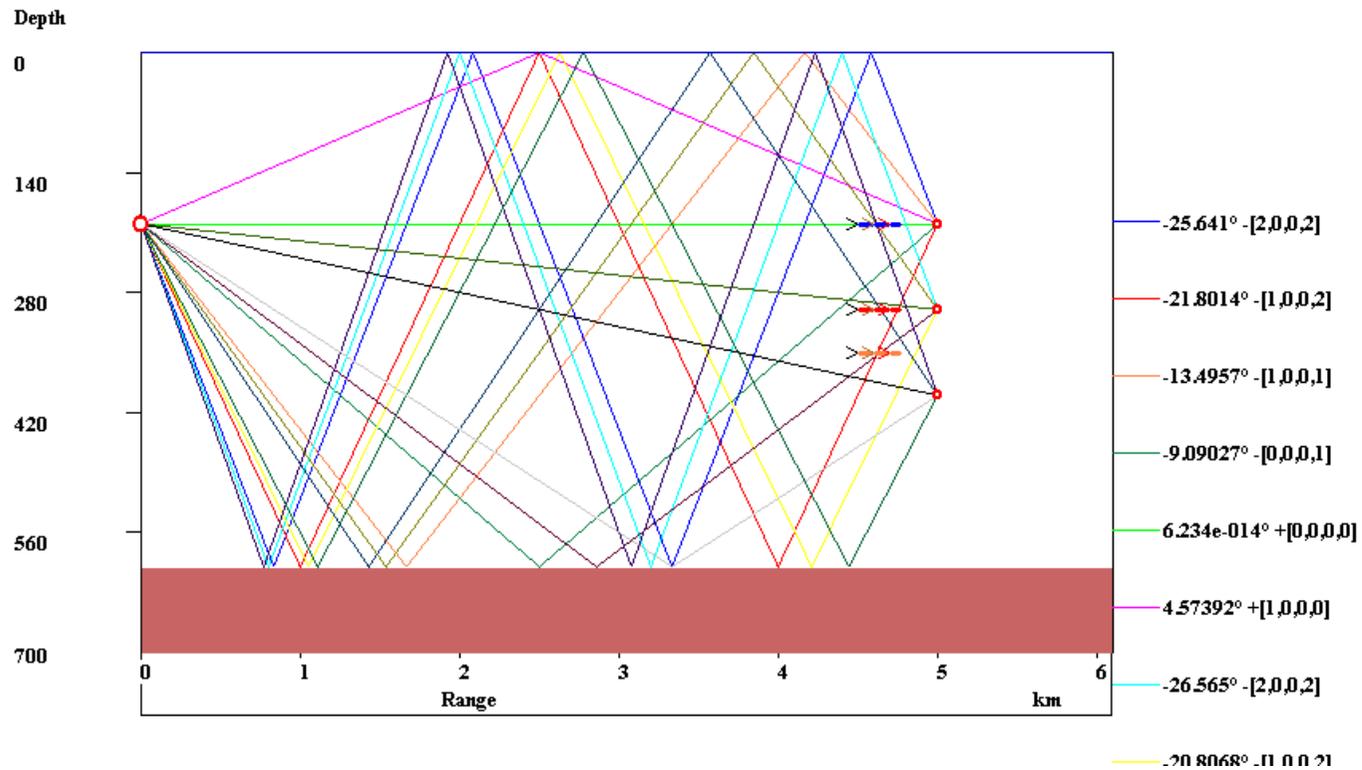
Rayons simples et champ de pertes incohérentes

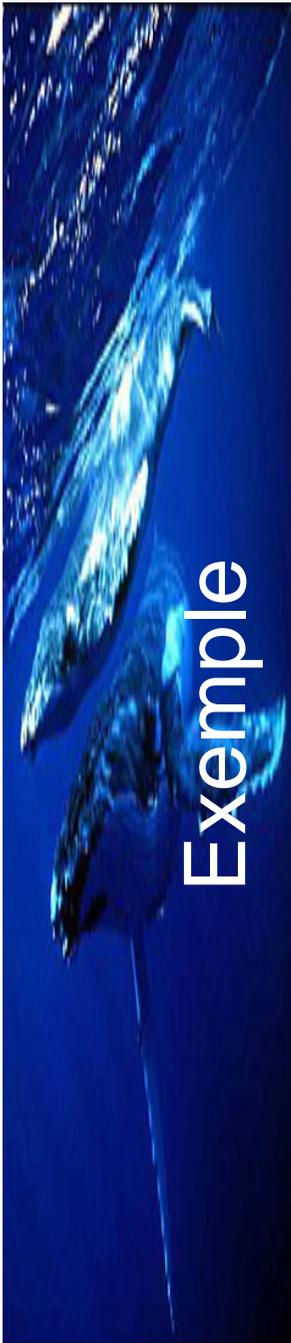




Exemple N°2 :

Rayons propres

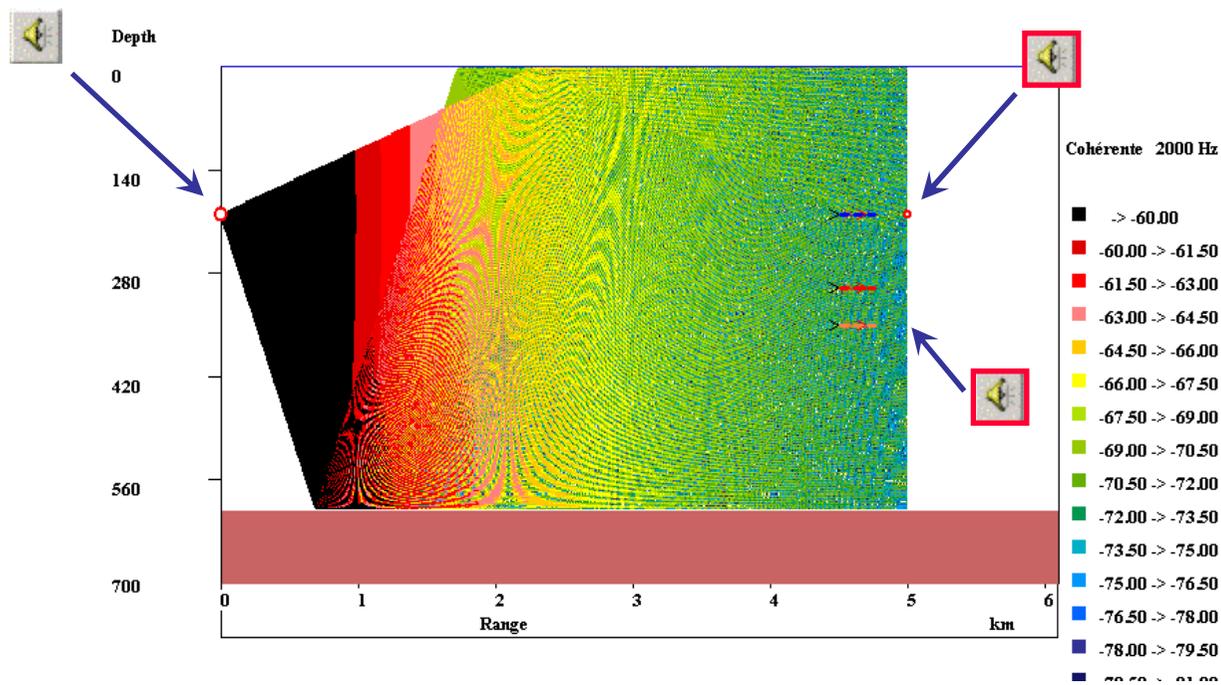
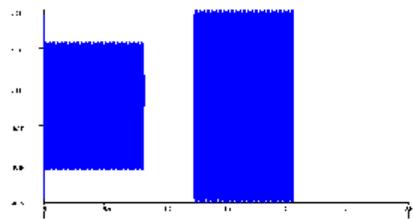




Exemple N°2 :

Calcul du signal transmis

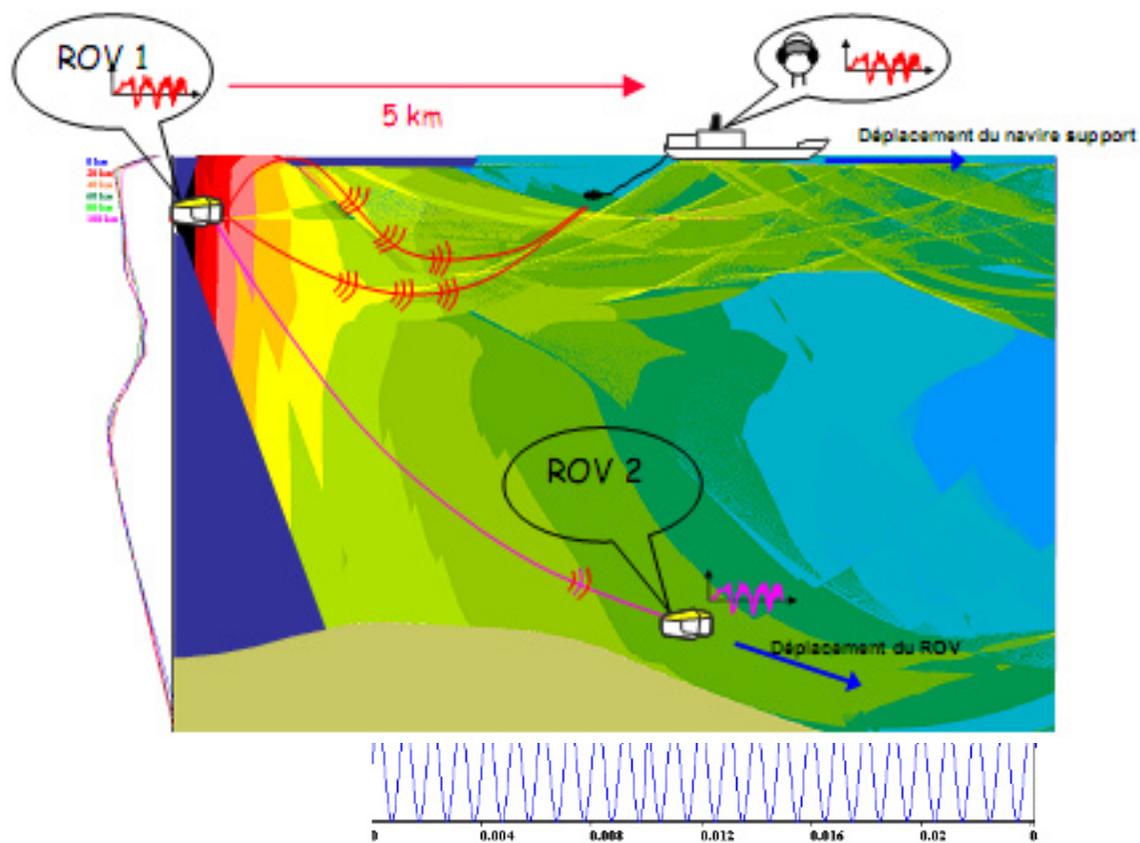
Champ de pertes cohérentes



- **Présentation d'un simulateur acoustique des communications ASM**

- Simule la propagation multi-chenaux
- Prise en compte d'un environnement réaliste
- Prise en compte de bruit réel ou synthétique

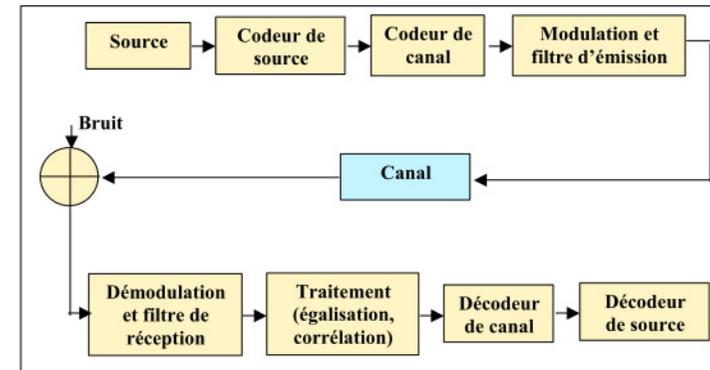
Signal émis



Utilisation

- **PEA « Système de communication acoustique en réseau »**
SPN - Octobre 2000 - SAFARE THALES

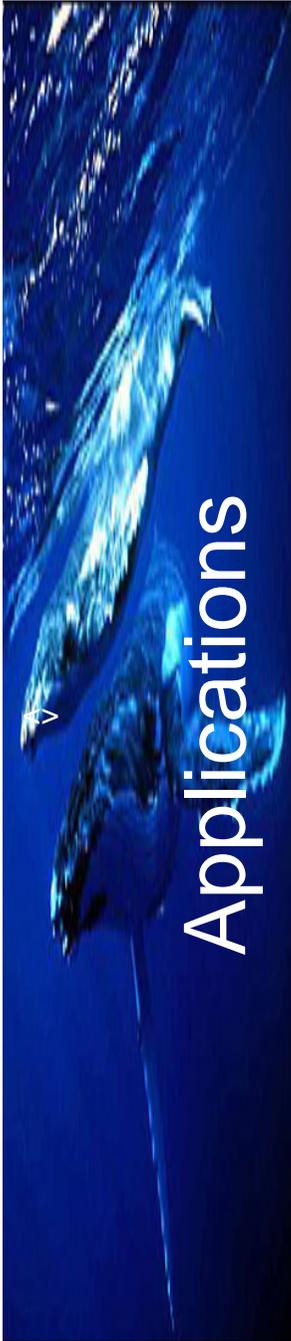
- **Plateforme TALISMAN :**
Test des algorithmes génériques de modulation/démodulation de modems
GESMA 2001
Simulation du canal sous-marin



- **Salon Deep Offshore Technology**
SAFARE THALES underwater telephones TUUM
Simulation du canal sous-marin en temps-réel



- **2011 PROJET PARAMILLS :** Communication acoustique haut débit prévue s'appuyant sur l'utilisation d'une source acoustique fortement directive
Etude de l'effet de la fermeture du faisceau d'émission sur l'étalement temporel du canal.
iXWAVES – ECA – ICAM – IFREMER – IXSEA – SEMANTIC TS – UMPC - CNRS



Applications

RAYSON : un outil d'étude de la faisabilité de la transmission acoustique en environnement complexe et réaliste

Utile pour les applications en océan profond nécessitant des communications sous-marines :

- Contrôle acoustique pendant les opérations de forage
- Contrôle de la distorsion des têtes de riser
- Monitoring de la production

Domaines d'utilisation :

- Communication (**téléphone** et **modem**), ROV/Bord, Meute de ROV
 - **Systèmes de trajectographie, Sonar et sismique**
 - **Investigation, forage et production** sont réalisés dans des eaux de plus en plus profondes (> 3000 m) ⇒ coûts des opérations de commande et de contrôle :
 - Évaluation de l'impact du niveau de bruit ambiant
 - Impact des installations et environnement
- Acoustique au lieu de câbles ?

Outil dédié

- Mise au point de systèmes : RAYSON "remplace" le milieu marin en phase de développement
- Simulations à des fins de formation