

CABAT

*CA*lcul de *B*ruit *A*mbiant de *T*rafic

Présentation

Division HOM (Hydrographie, Océanographie, Météorologie militaires)
Centre de Fusion de Données

Cellule Acoustique Sous-Marine : CELASM

Mission de la CELASM

Assurer le soutien aux Forces en terme de produits quasi-permanents de Bruit Ambiant et Réverbéré

- Collecte des mesures de bruit ambiant et archivage dans la Base de Données Acoustiques du SHOM (*BDAS*)
- Produits statistiques de bruit ambiant (*DIGIMAR pour GM et SOAP*)
- Réalisation d'outils opérationnels (*SAMBA, CABRAIS*)
- Travaux sur le réverbéré (Sonars actifs)

LE BRUIT AMBIANT – Paramètre de l'équation du sonar

Équation du sonar en passif :

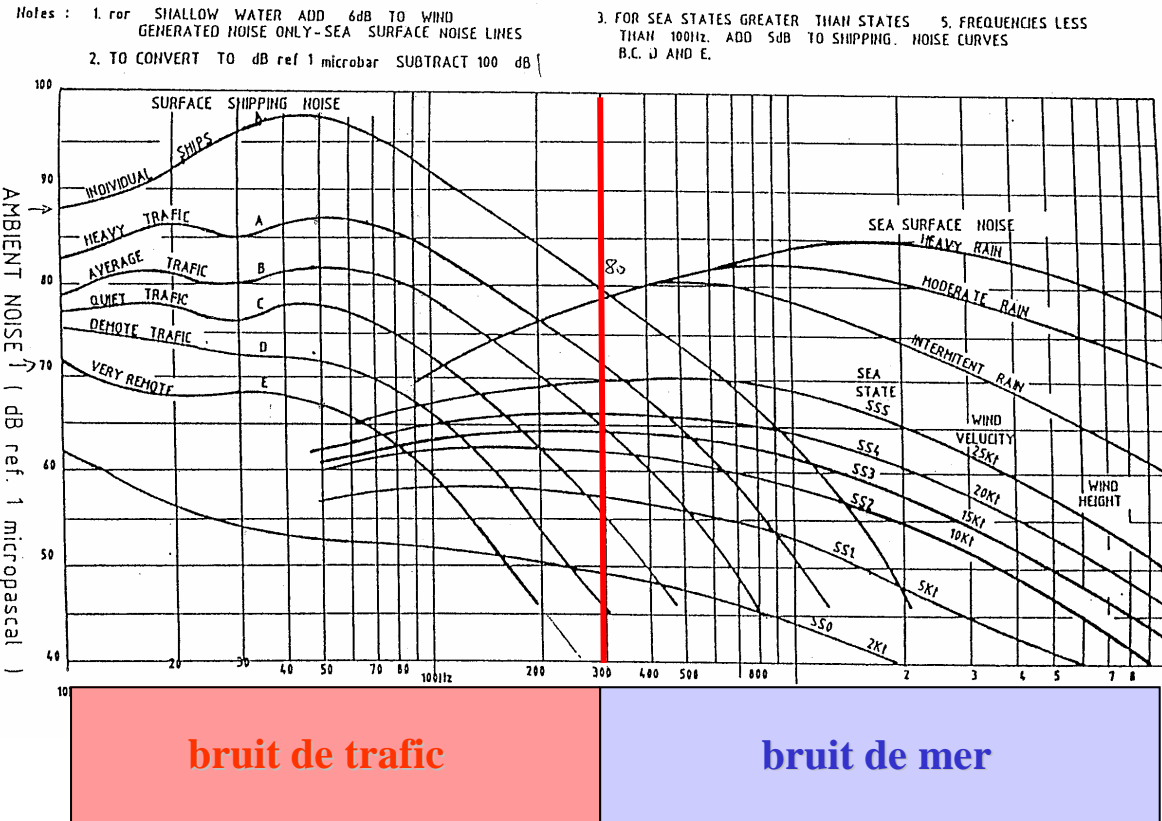
$$SL - \text{Pertes} - BA + GT > SD$$

- **SL** : Source Level
- **Pertes** : Pertes de transmission entre la source et le récepteur
- **BA** : Bruit ambiant (Bruit de trafic + Bruit de mer + Bruit propre)
- **GT** : Gain de Traitement du récepteur
- **SD** : Seuil de Détection

Intérêt : Calculer une distance de détection et / ou d'indiscrétion vis-à-vis d'une menace

LE BRUIT AMBIANT

- **Gamme d'intérêt de quelques dizaines de Hz à quelques centaines de KHz**
 - suivant la fréquence, dominance du BA :
 - de trafic pour $f < 300$ Hz
 - météo pour $f > 300$ Hz
- **Modélisation par « origine »**
 - $BA = B_{trafic} + B_{mer} + \dots$



Composante BF du BA – Le trafic maritime

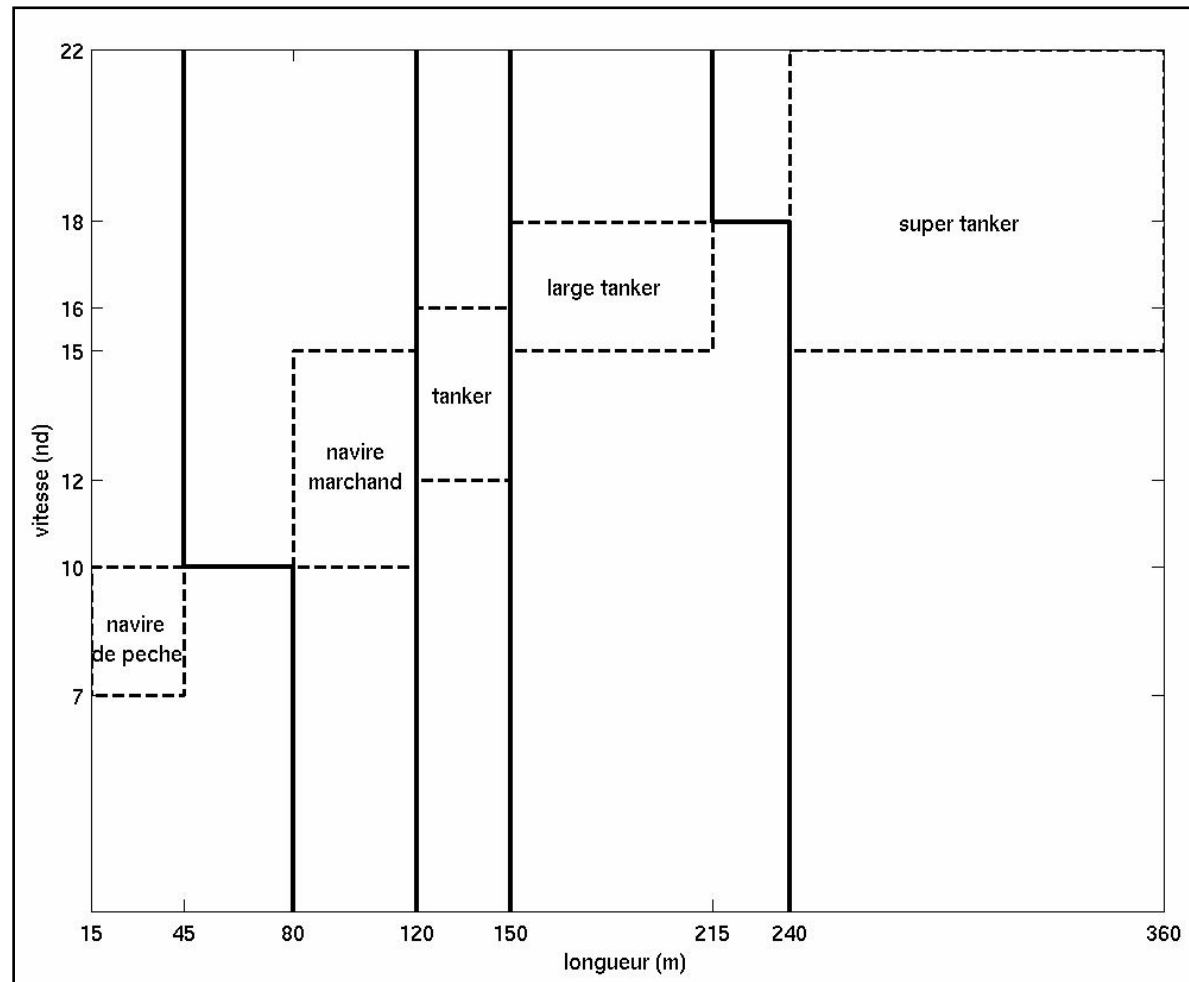
Utilisation de CABAT

Problématique :

- Calculer la densité de trafic maritime mondial (hors CABAT)
- Calculer le bruit ambiant sur tout le globe à partir de cette densité, par simulation de la propagation du son:
 - convertir la densité de navires en *bruit rayonné*
 - calculer les *pertes* de propagations
 - sommer les *bruits reçus* (*bruit rayonné – pertes*)
- Le globe est discrétisé au pas
 - 0,5° dans les zones d'intérêt de la Marine Nationale
 - 1° sur le reste
- Calcul à faire sur 12 mois pour plusieurs fréquences et immersions
Exemple: 48 000 mailles – 3 immersions – 10 fréquences
=> 17 millions de résultats

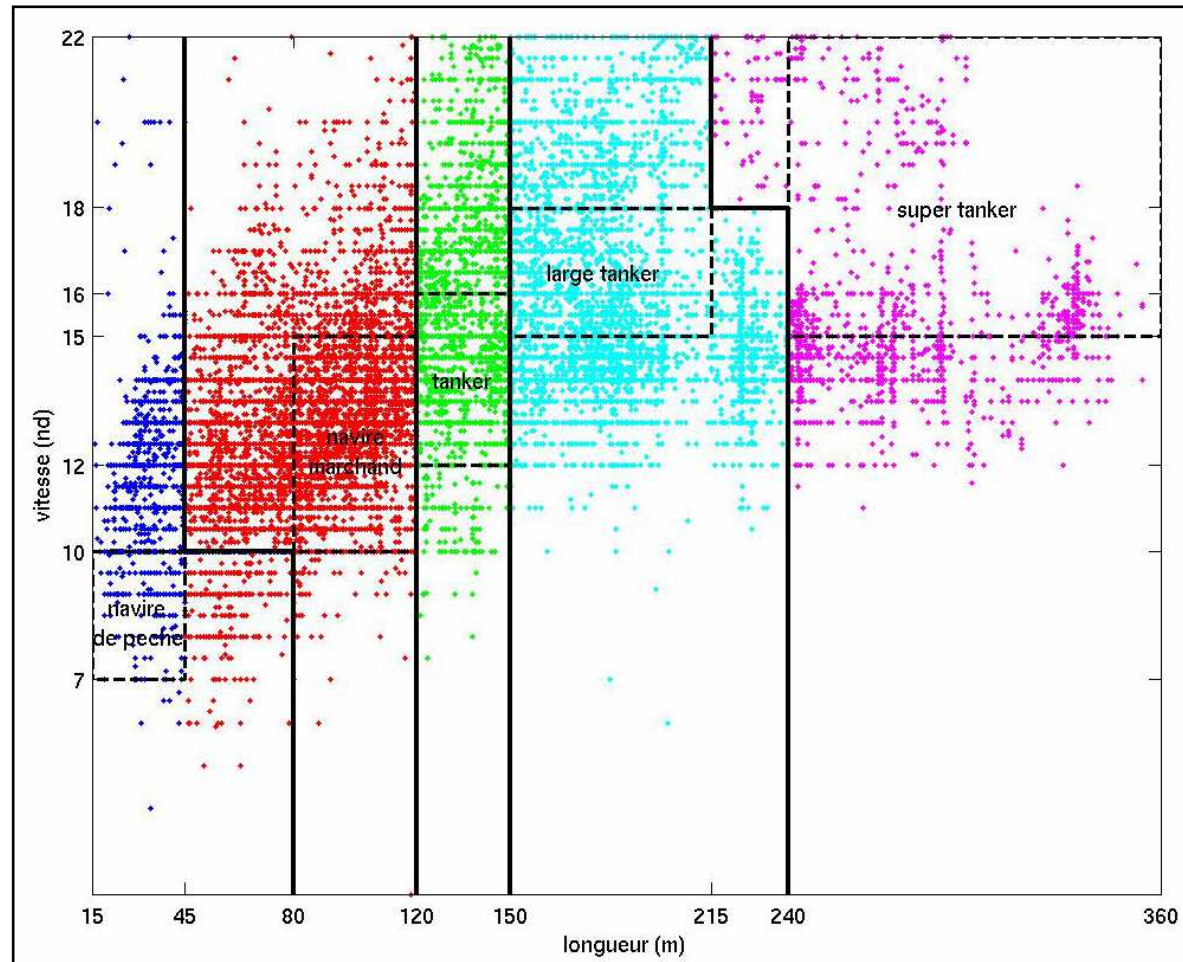
Conversion de la densité de navires en bruit rayonné

1^{ère} étape : détermination des catégories de navires



Conversion de la densité de navires en bruit rayonné

2^{ème} étape : répartitions des navires dans les catégories



Conversion de la densité de navires en bruit rayonné

3^{ème} étape : calcul du bruit rayonné par maille

- **Formule de Ross => bruit rayonné par un navire**
(Dépend de la fréquence, longueur et vitesse du navire)

$$L_s(f, v, l_s) = L_{s0}(f) + 60 \log(v/12) + 20 \log(l_s/300) + df \times dl + 3$$

$$\text{Avec : } L_{s0}(f) = \begin{cases} -10 \log(10^{-1.06 \log(f) - 14.34} + 10^{3.32 \log(f) - 21.425}) & \text{si } f \leq 500\text{Hz} \\ 173.2 - 18 \log(f) & \text{si } f \geq 500\text{Hz} \end{cases}$$

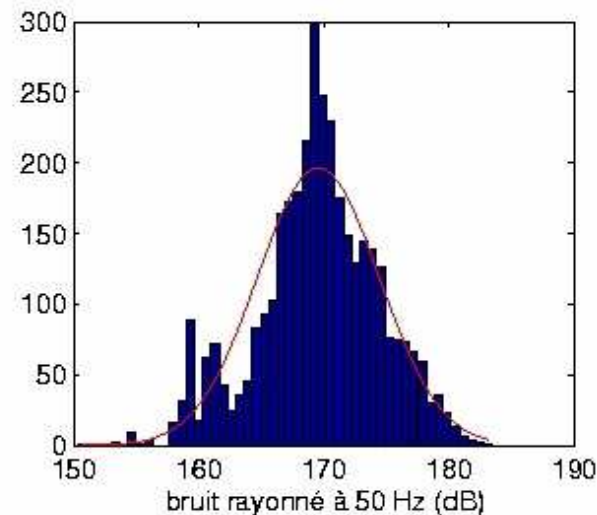
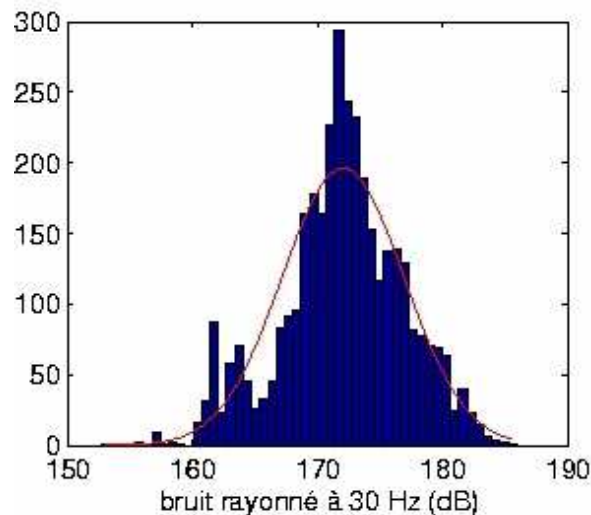
$$df = \begin{cases} 8.1 & \text{si } 0 \leq f \leq 28.4 \\ 22.3 - 9.77 \log(f) & \text{si } 28.4 \leq f \leq 194.6 \\ 0 & \text{si } f > 191.6 \end{cases}$$

$$dl = l_s^{1.15} / 3643$$

Conversion de la densité de navires en bruit rayonné

3^{ème} étape : calcul du bruit rayonné par maille

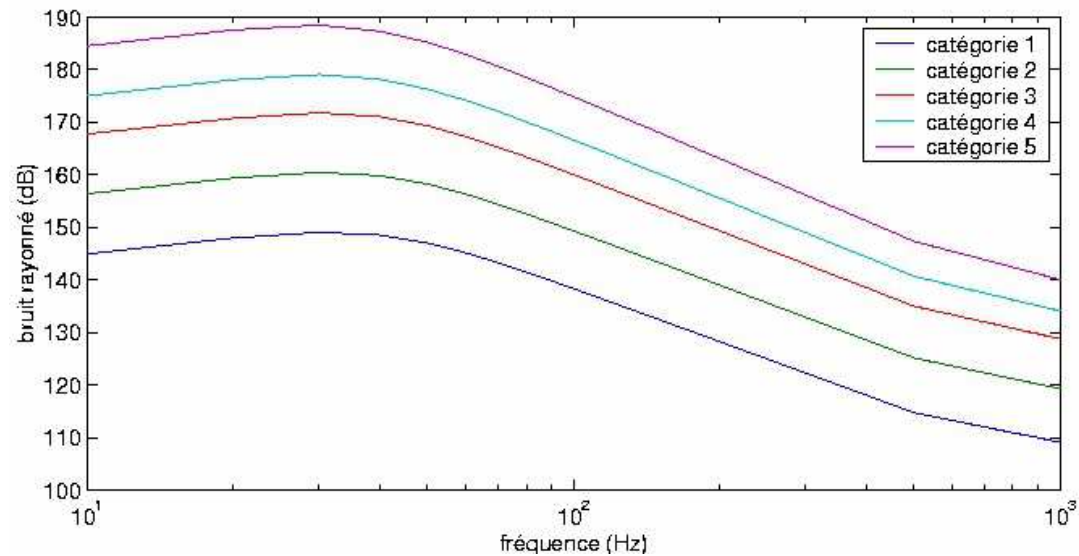
- **Formule de Ross => bruit rayonné par un navire**
(Dépend de la fréquence, longueur et vitesse du navire)
- **Densité de probabilité du bruit rayonné par tous les navires de la catégorie**
=> bruit rayonné par une catégorie



Conversion de la densité de navires en bruit rayonné

3^{ème} étape : calcul du bruit rayonné par maille

- **Formule de Ross => bruit rayonné par un navire**
(Dépend de la fréquence, longueur et vitesse du navire)
- **Densité de probabilité du bruit rayonné par tous les navires de la catégorie**
=> **bruit rayonné par une catégorie**

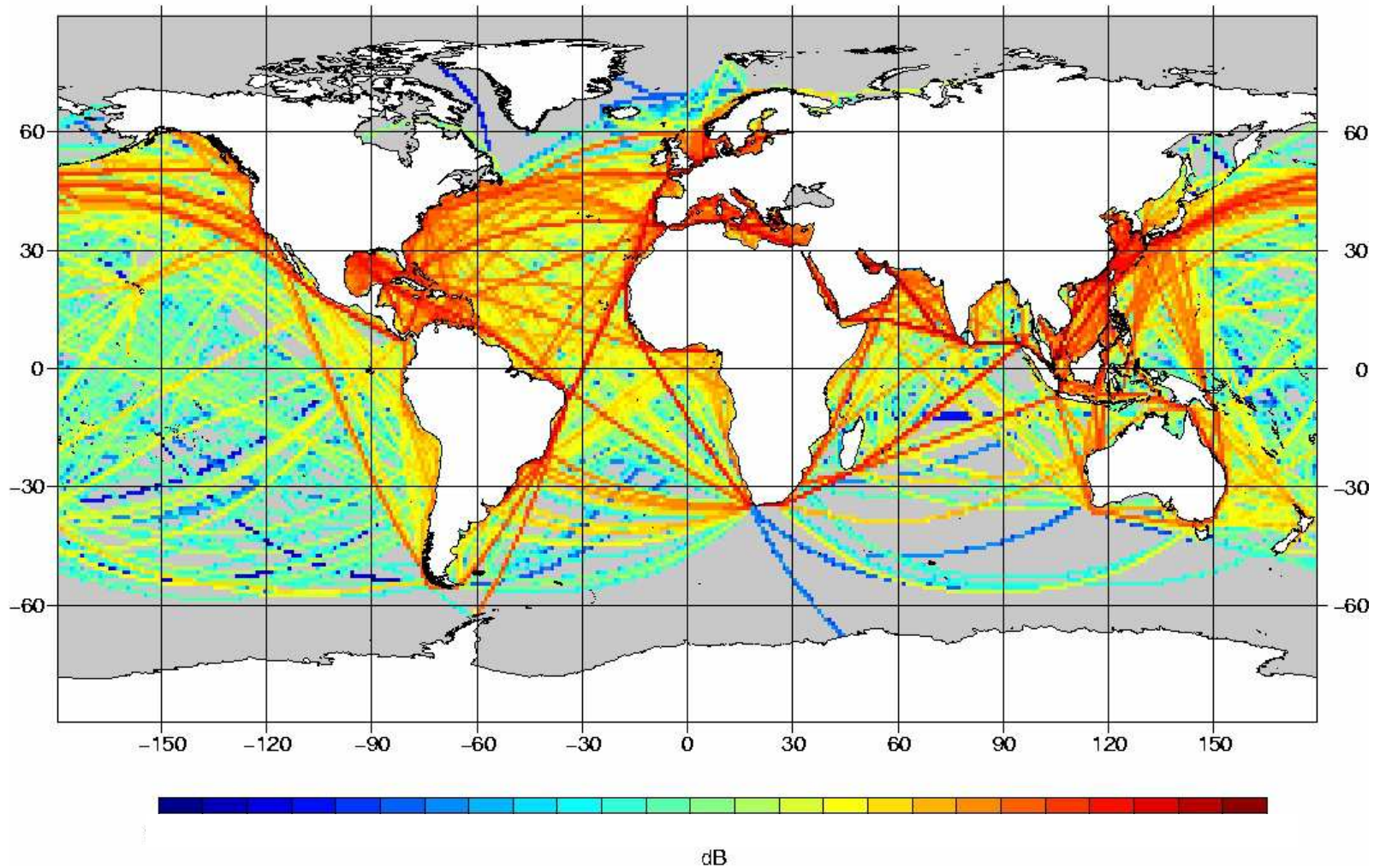


Conversion de la densité de navires en bruit rayonné

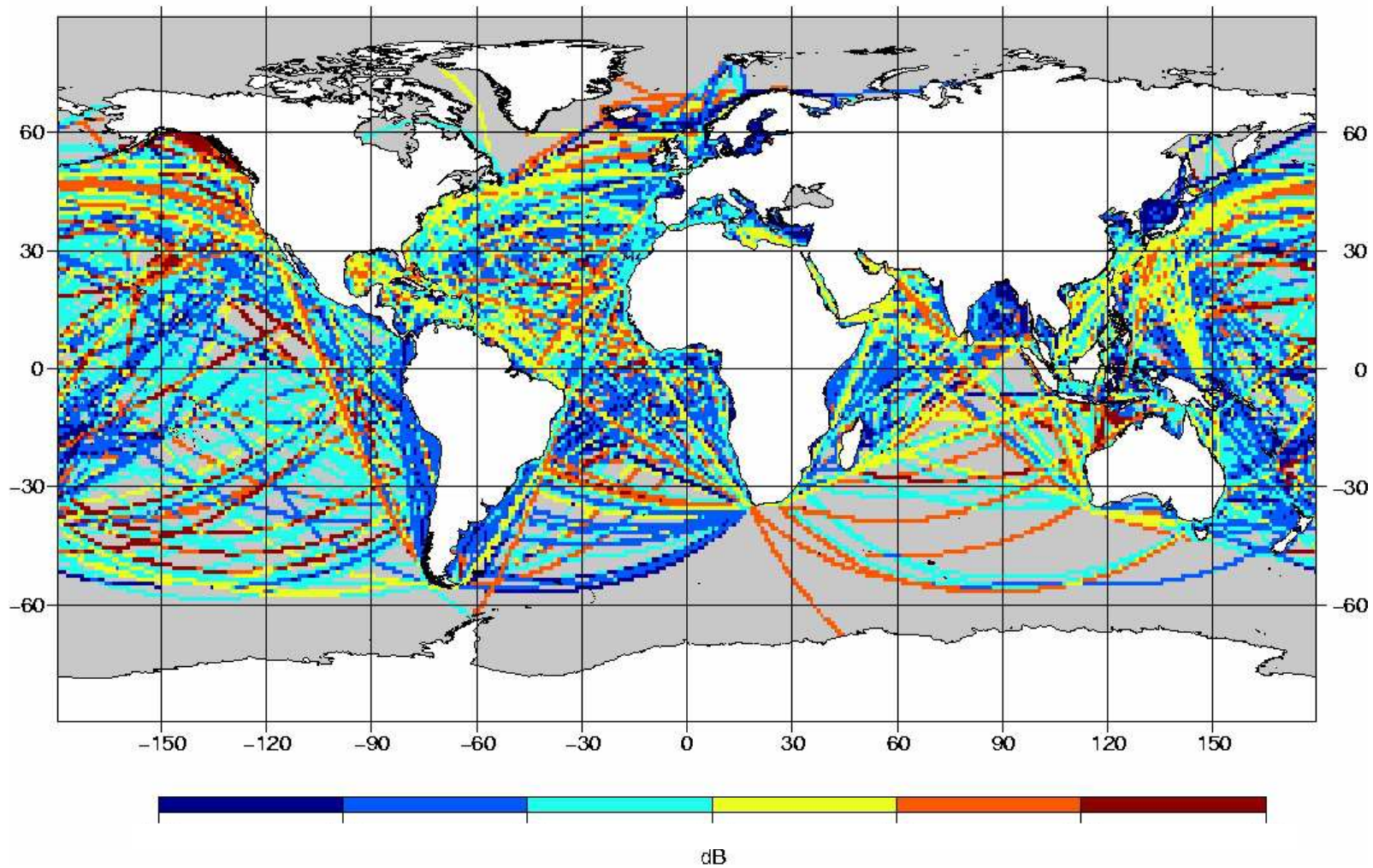
3^{ème} étape : calcul du bruit rayonné par maille

- **Formule de Ross => bruit rayonné par un navire**
(Dépend de la fréquence, longueur et vitesse du navire)
- **Densité de probabilité du bruit rayonné par tous les navires de la catégorie
=> bruit rayonné par une catégorie**
- **Densité de probabilité du bruit rayonné par toutes les catégories présentes,
proportionnellement à leur densité => bruit rayonné par une maille**
(Résultat obtenu par simulation à l'aide des ddp de chaque catégorie)

Conversion de la densité de navires en bruit rayonné



Conversion de la densité de navires en bruit rayonné



Calcul des pertes de propagation

- Pour chaque maille marine du globe, il faut calculer les pertes depuis toutes les mailles proches rayonnant du bruit

=> définition de proche?

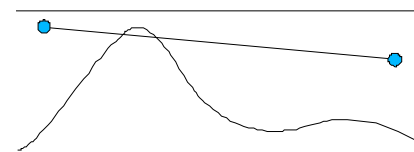
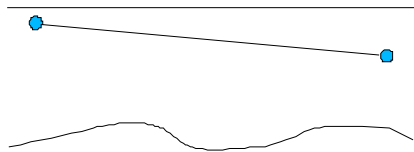
- Voisinage étendu = qualité de résultat augmenté
- Voisinage réduit = temps de calcul réduit

=> compromis : voisinage initial + sélection dynamique

Calcul des pertes de propagation

Voisinage initial :

- **Pour chaque maille réceptrice, on sélectionne les voisines qui :**
 - sont à une distance inférieure à un maximum autorisé (de centre à centre) et en mer
 - possèdent du trafic
 - voient le récepteur (une droite reliant l'émetteur à 5 m et le récepteur à la première immersion n'intercepte pas la bathymétrie)



- **Avec une distance maximale de 300 km, le voisinage initial comporte en moyenne 1,4 millions de couples de mailles voisines**
=> 1,4 millions de pertes à calculer pour chaque mois, chaque fréquence et chaque immersion.

Calcul des pertes de propagation

Sélection dynamique :

- Les pertes à 30 Hz sont calculées pour tous les couples de mailles du voisinage initial (temps de calcul : 3,5 jours par mois)
- Pour chaque maille réceptrice, on ne garde que les voisines qui
 - ont un bruit rayonné supérieur au bruit de niveau « mer 0 » à 30 Hz
 - contribuent significativement au bruit ambiant ($> 0,1$ dB)
- Cette nouvelle sélection est réutilisée pour les calculs de pertes aux autres fréquences et immersions

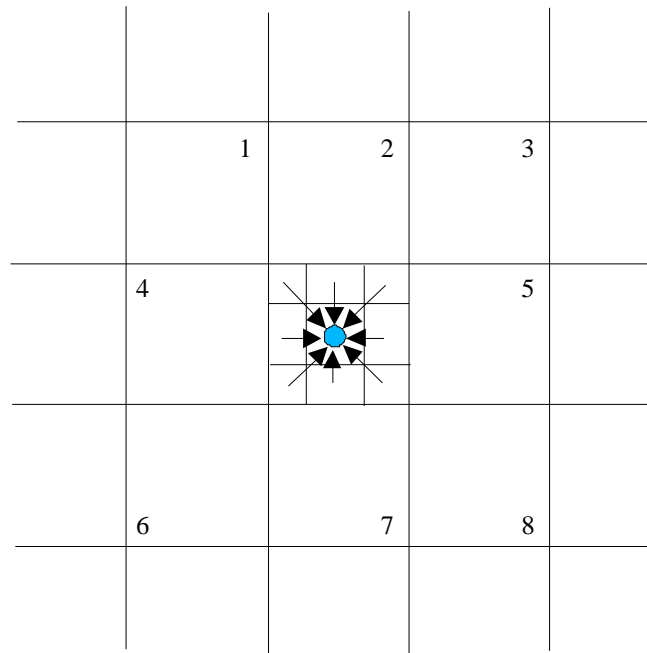
=> le nombre de calcul de pertes est considérablement diminué

Calcul des pertes de propagation

Les pertes propres :

- Chaque maille non vide est sa propre voisine, mais comment y calculer les pertes ?

=> La maille est scindée en 9 sous-mailles



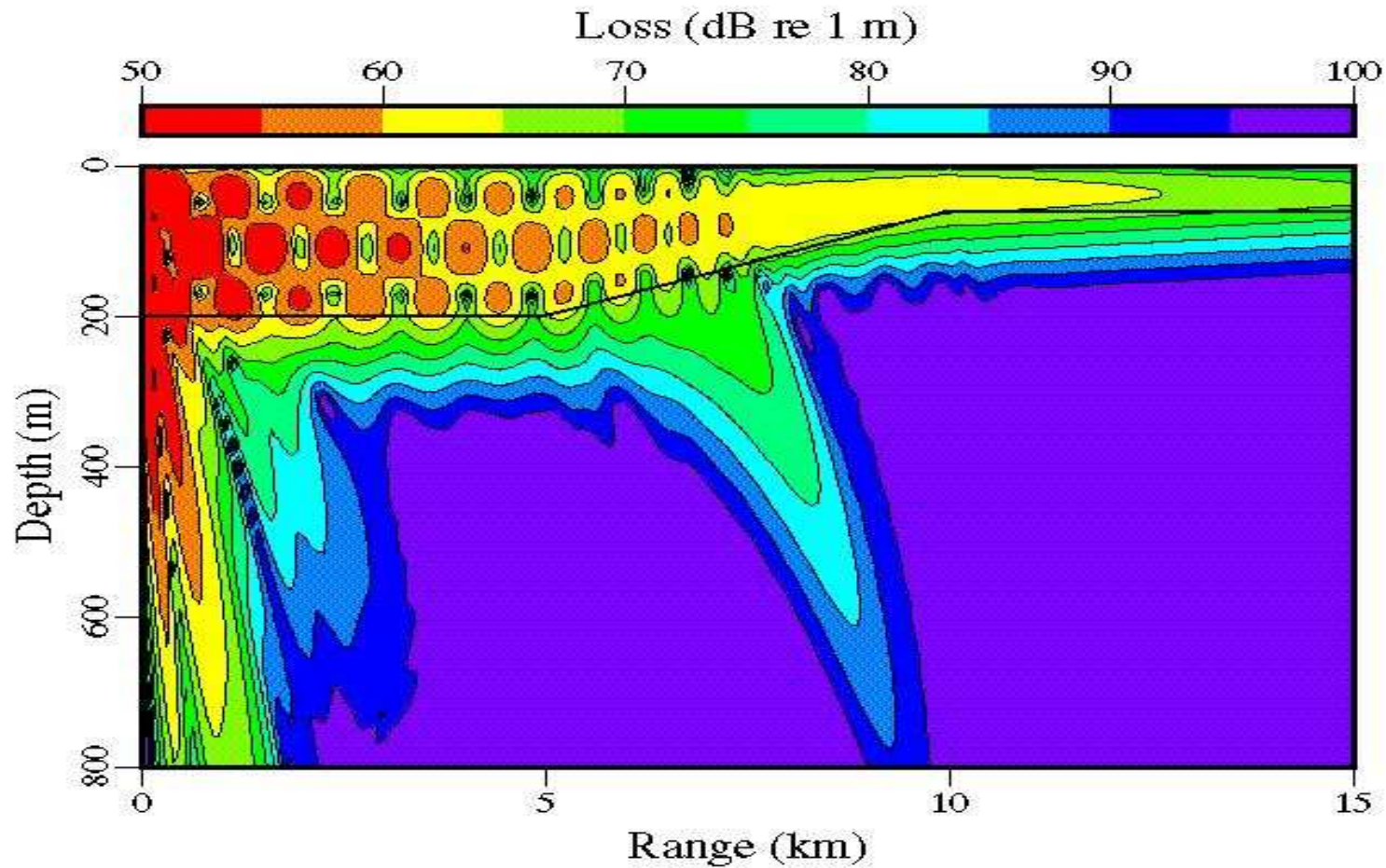
Calcul des pertes de propagation

Les codes et méthodes utilisés :

- **Basse fréquence : RAM** = Range-dependant Acoustic Model : code aux équations paraboliques
=> calcul par pas successifs à partir de la source le champ de pertes sur toute la colonne d'eau discrétisée
 - 2 méthodes : 1/ milieu stratifié (profils de célérité source et récepteur proches)
 - ↳ permet la recherche de symétrie sur la bathymétrie et nature de fond
 - 2/ milieu variable (profils de célérité source et récepteur différents)
 - ↳ interpolation linéaire des profils de célérité tous les 20 km

Calcul des pertes de propagation

Exemple de calcul par équation parabolique



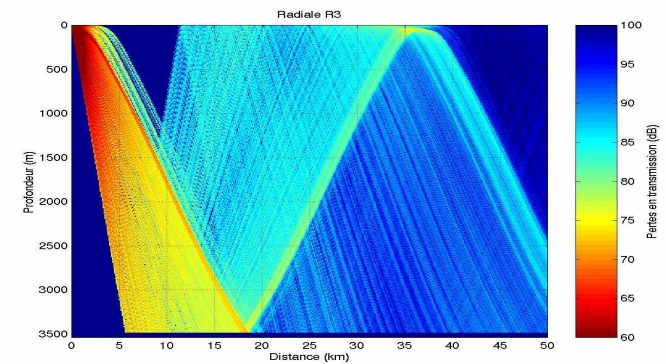
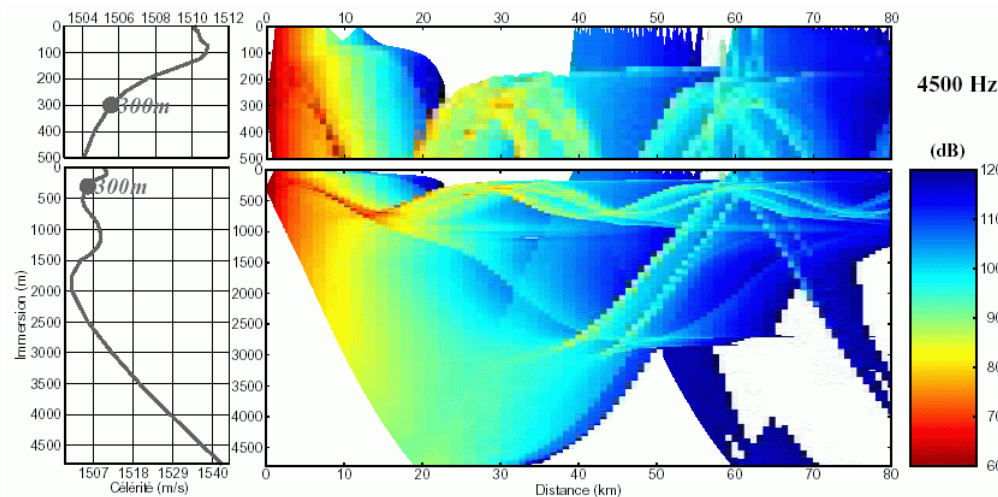
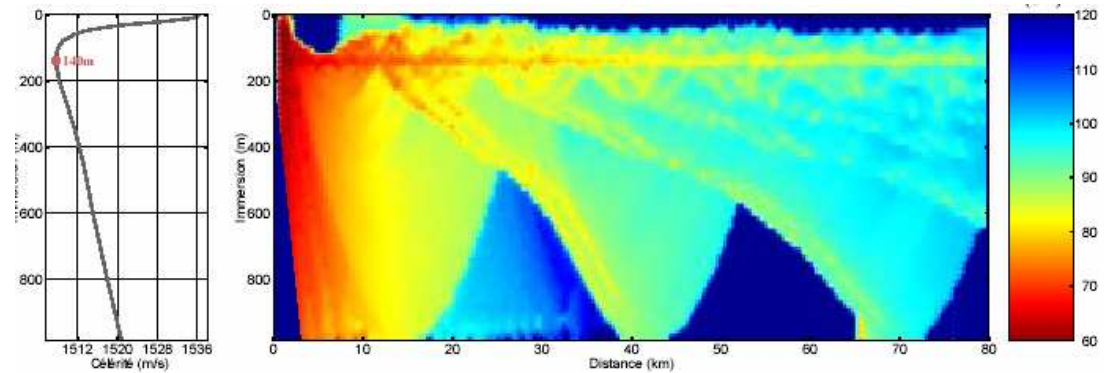
Calcul des pertes de propagation

Les codes et méthodes utilisés :

- **Basse fréquence : RAM** = Range-dependant Acoustic Model : code aux équations paraboliques
=> calcul par pas successifs à partir de la source le champ de pertes sur toute la colonne d'eau discrétisée
 - 2 méthodes : 1/ milieu stratifié (profils de célérité source et récepteur proches)
 - ↳ permet la recherche de symétrie sur la bathymétrie et nature de fond
 - 2/ milieu variable (profils de célérité source et récepteur différents)
 - ↳ interpolation linéaire des profils de célérité tous les 20 km
- **Haute fréquence : PRAMM** = PPropagation Acoustique en Milieu Marin : code de rayons
=> calcul des faisceaux de rayons et prise en compte des réflexions aux interfaces (10 maximum)
 - 3 méthodes : 1/ milieu stratifié, bathymétrie plane : utilisation de la dernière immersion du profil
 - 2/ milieu variable, bathymétrie variable
 - 3/ milieu stratifié, bathymétrie variable } utilisation de la bathymétrie réelle

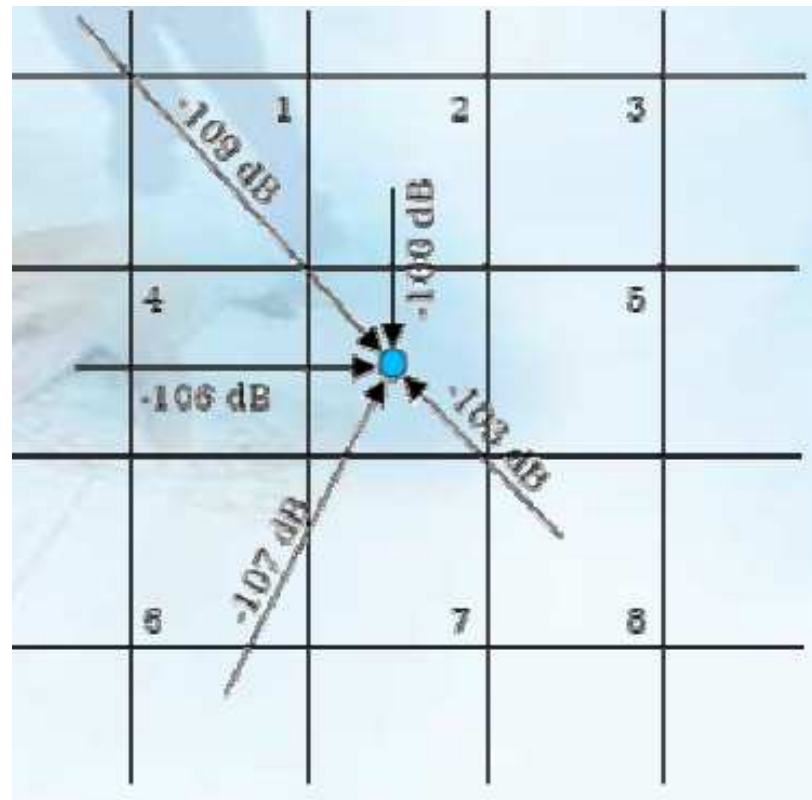
Calcul des pertes de propagation

Exemple de calcul par rayons

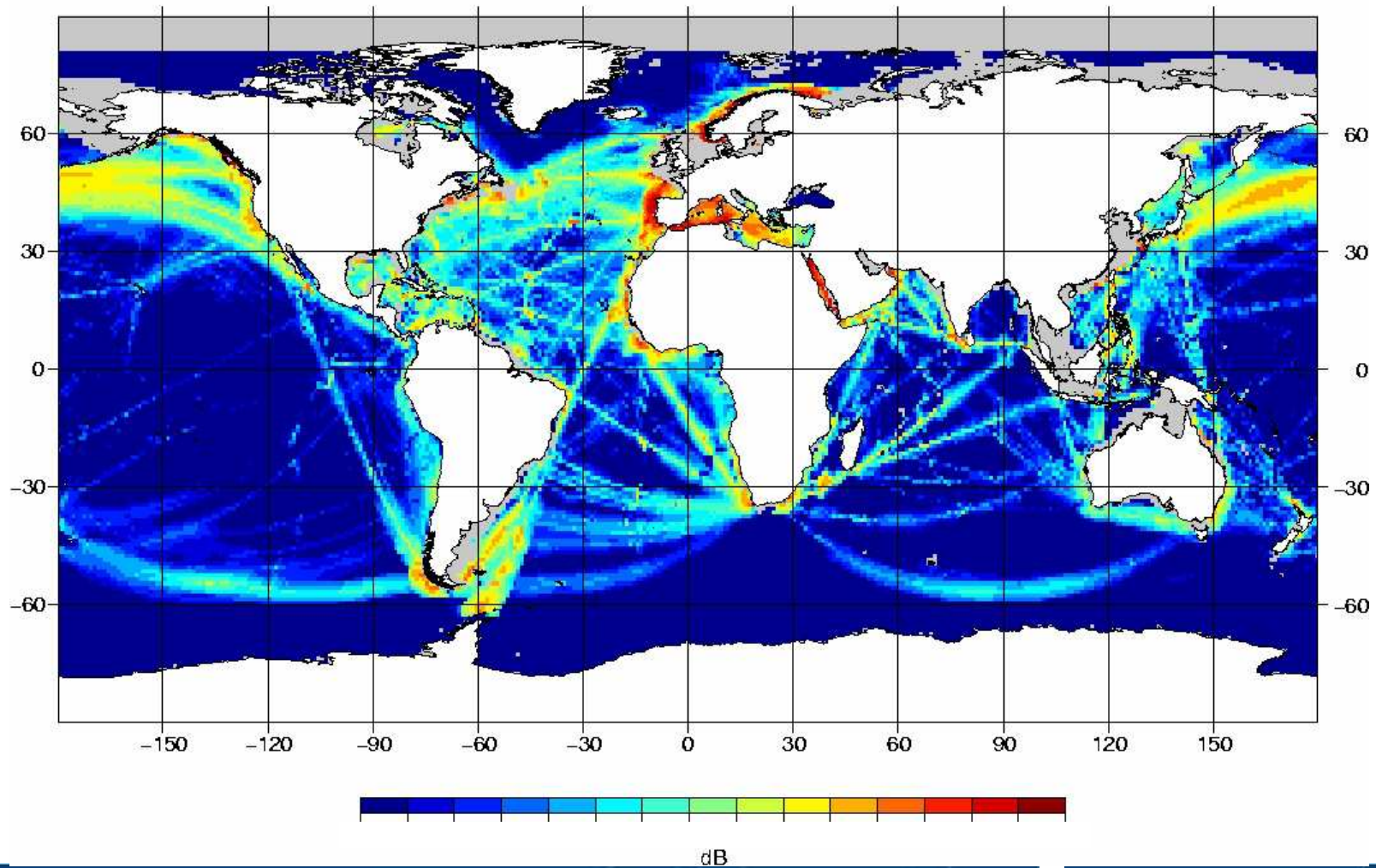


Calcul du bruit ambiant

- Somme, en valeur naturelle, des contributions de toutes les voisines d'une maille réceptrice donnée
- Pour une maille voisine: contribution = bruit rayonné – pertes



Résultats



Questions

