

Gaspard Fourestier



Étude des principes de fonctionnement et d'utilisation du SCAMP

Encadré par Anne Petrenko et
Andréa Doglioli

Plan

Description du SCAMP

 Description générale

 Les différents types de mesures

Principe de fonctionnement

 Profil ascendant

 Profil descendant

Traitement des mesures

 Détermination du flux turbulent

 Le spectre de Batchelor

 Détermination de k_b

 Détermination de K_z

Application

Le SCAMP

Self Contained Autonomous MicroProfiler

Precision Measurement Engineering
PME (Californie)



Description générale

Mesures à très petite échelle ($\approx 1\text{mm}$)

Fréquence de mesures: 100Hz

Léger $\approx 6\text{kg}$

Déploiement à partir de petits bateaux

Déplacement libre (chute et montée)

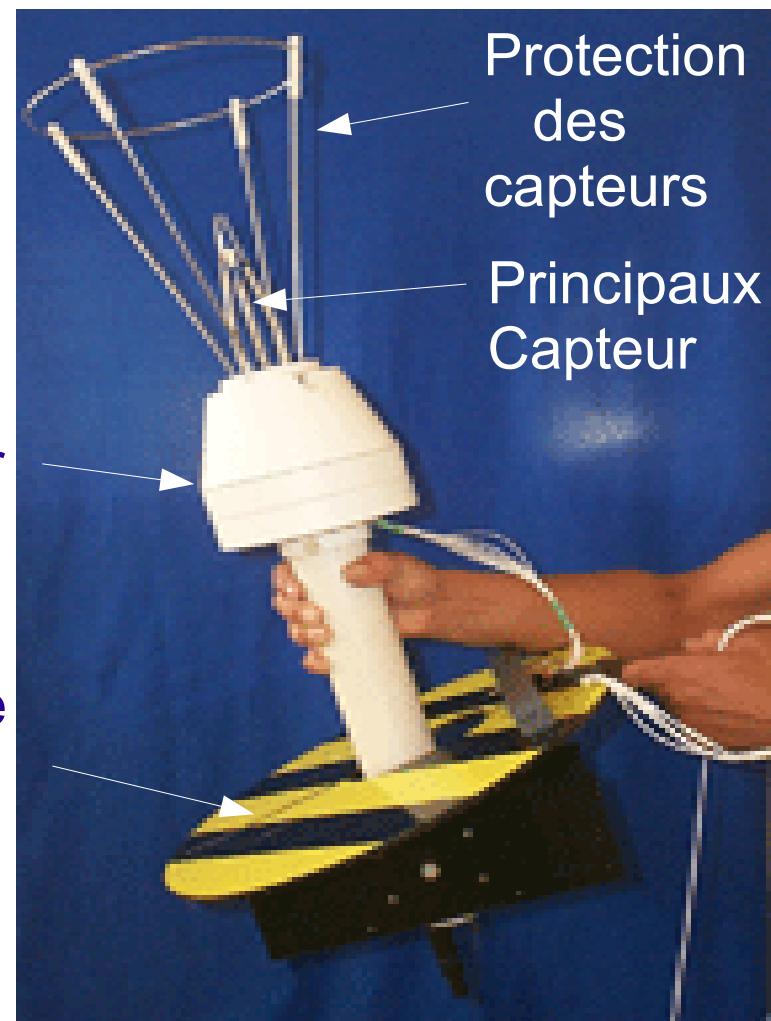
Vitesse de déplacement
 $\approx 10\text{cm/s}$

Profondeur max: 100m

2 modes d'acquisition
possible

Flotteur

Plaque de
freinage



Différents types de mesures

Pour un SCAMP basique on fait des mesures de:

Température (Rapide / Précise)

gradient de température :

mesure $\frac{dT}{dt}$ puis dérivation de $\frac{dT}{dz}$ avec la vitesse

Conductivité (Rapide !! / Précise) → Salinité

Pression → Profondeur → Vitesse

En option on peut faire des mesures de:

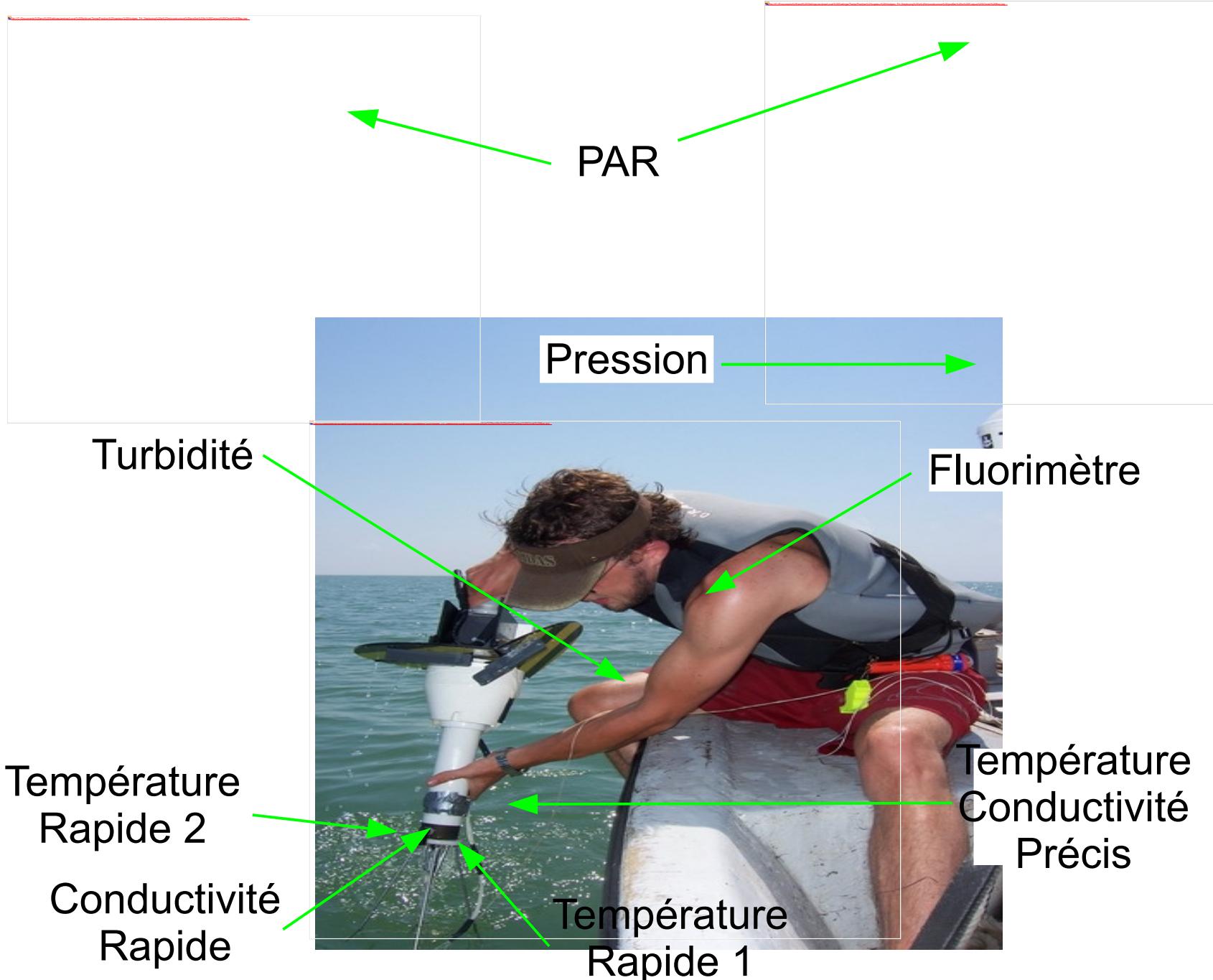
Turbidité

Fluorimètre

Photosynthetically Active Radiation (PAR)

Concentration en oxygène

Les différents Capteurs



Plan

Description du SCAMP

 Description générale

 Les différents types de mesures

Principe de fonctionnement

 Profil ascendant

 Profil descendant

Traitement des mesures

 Détermination du flux turbulent

 Le spectre de Batchelor

 Détermination de k_b

 Détermination de K_z

Application

Profil Ascendant

Permet des mesures proche de la surface

Flotteur position haute

Caillou pour plonger

Plaque de freinage libre

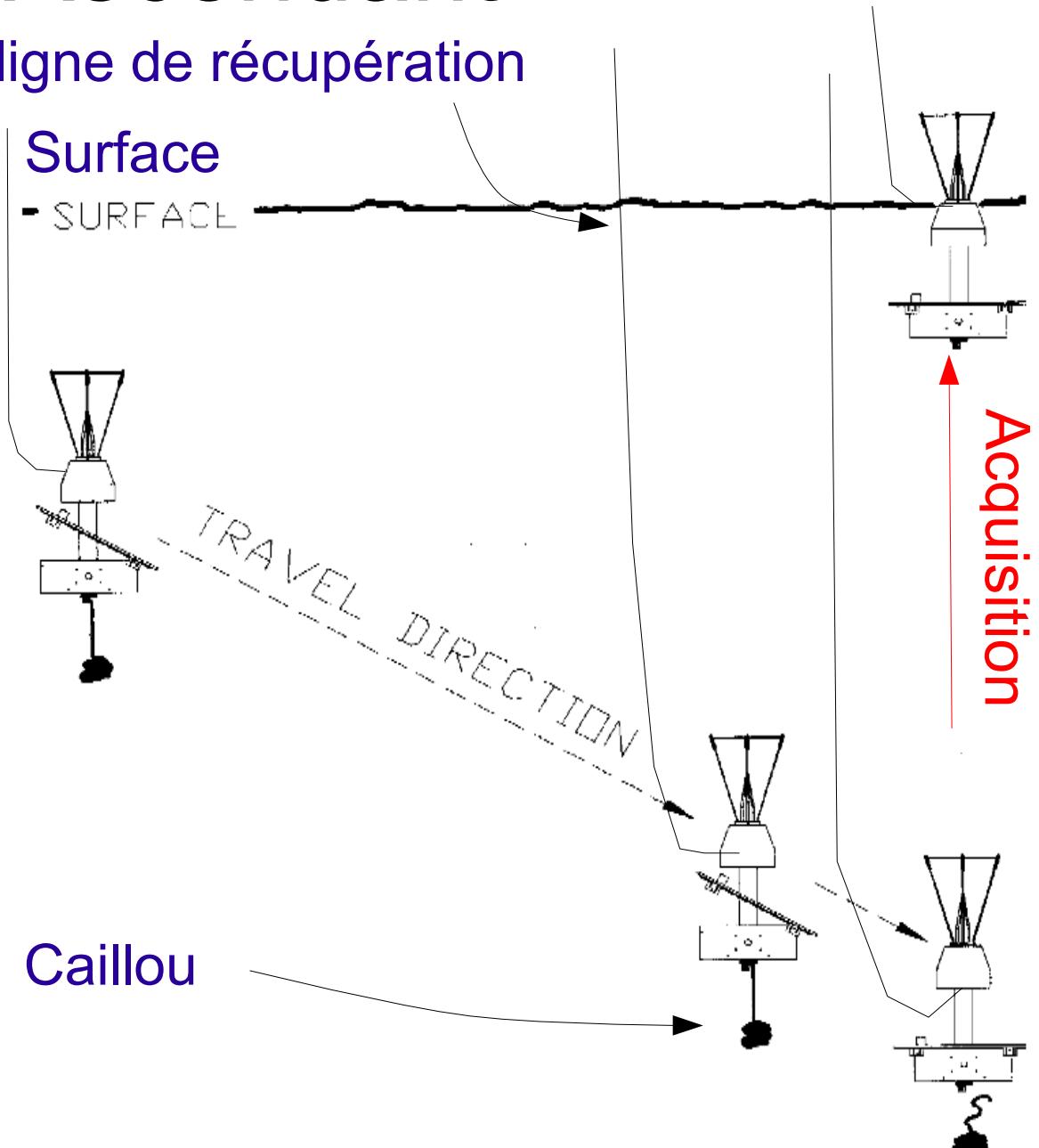
Plongée à 45°

 Mesure sur eau non perturbée

ligne de récupération

Surface

- SURFACE



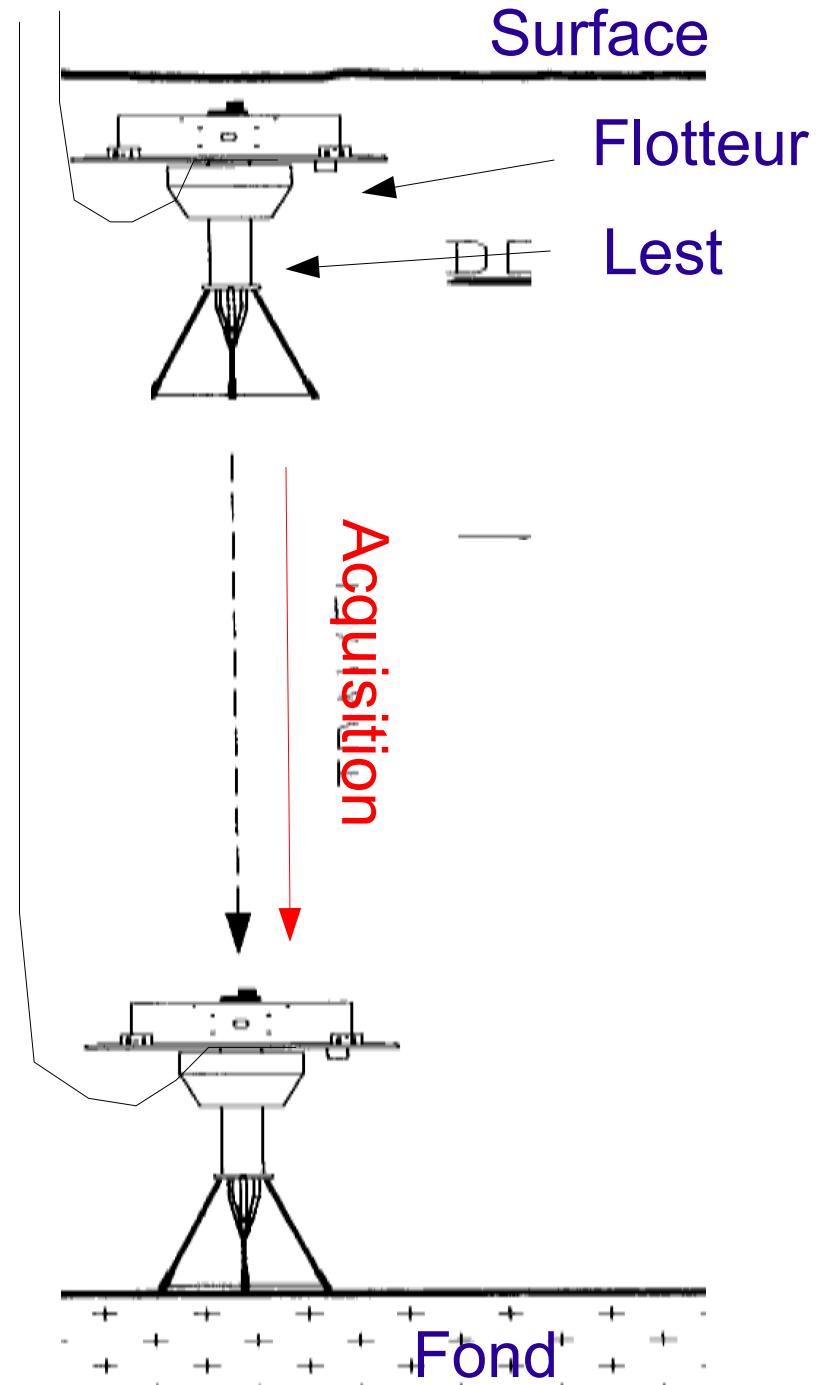
Profil Descendant

Permet des mesures proches du fond

Flotteur position 'basse'

Blocage de la plaque de freinage

Lest



Plan

Description du SCAMP

 Description générale

 Les différents types de mesures

Principe de fonctionnement

 Profil ascendant

 Profil descendant

Traitement des mesures

 Détermination du flux turbulent

 Le spectre de Batchelor

 Détermination de k_b

 Détermination de K_z

Application

Détermination du flux turbulent

Le flux turbulent F d'une quantité

$$F = K_z^i \frac{\partial C_i}{\partial z} \quad \text{avec } i = v, T \text{ ou } S$$

Nécessité de déterminer K_z^i

Existence de différentes méthodes pour déterminer K_z^v

e.g. Méthode de Osborn(1980): $K_z^v = \frac{Ri}{1 - Ri} \frac{\varepsilon}{N^2}$ avec $Ri = \frac{N^2}{\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2}$

Détermination de N $N^2 \approx \frac{g}{\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial z}$ $\rho = f(T, C)$ mesuré

$$\varepsilon \approx 7 \cdot 10^{-10} \text{ watt.kg}^{-1} \text{ (Gregg, 1989)}$$

Avec le SCAMP: estimation de ε

Le spectre de Batchelor

On a les deux équations:

$$\frac{\partial \overline{E}_{ct}}{\partial t} = -\bar{\rho} K_z^v \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial z^2} - g \overline{\rho' w'} - \bar{\rho} \varepsilon$$
$$\frac{\partial \overline{(T')^2}}{\partial t} = -2 K_z^T \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} - \chi$$
$$K_z^v \approx K_z^T$$

χ : dissipation de la température due à la diffusivité moléculaire

ε : dissipation de l'En Cin turbulente due à la viscosité moléculaire

Batchelor (1959): solution analytique équation de l'advection-diffusion pour T

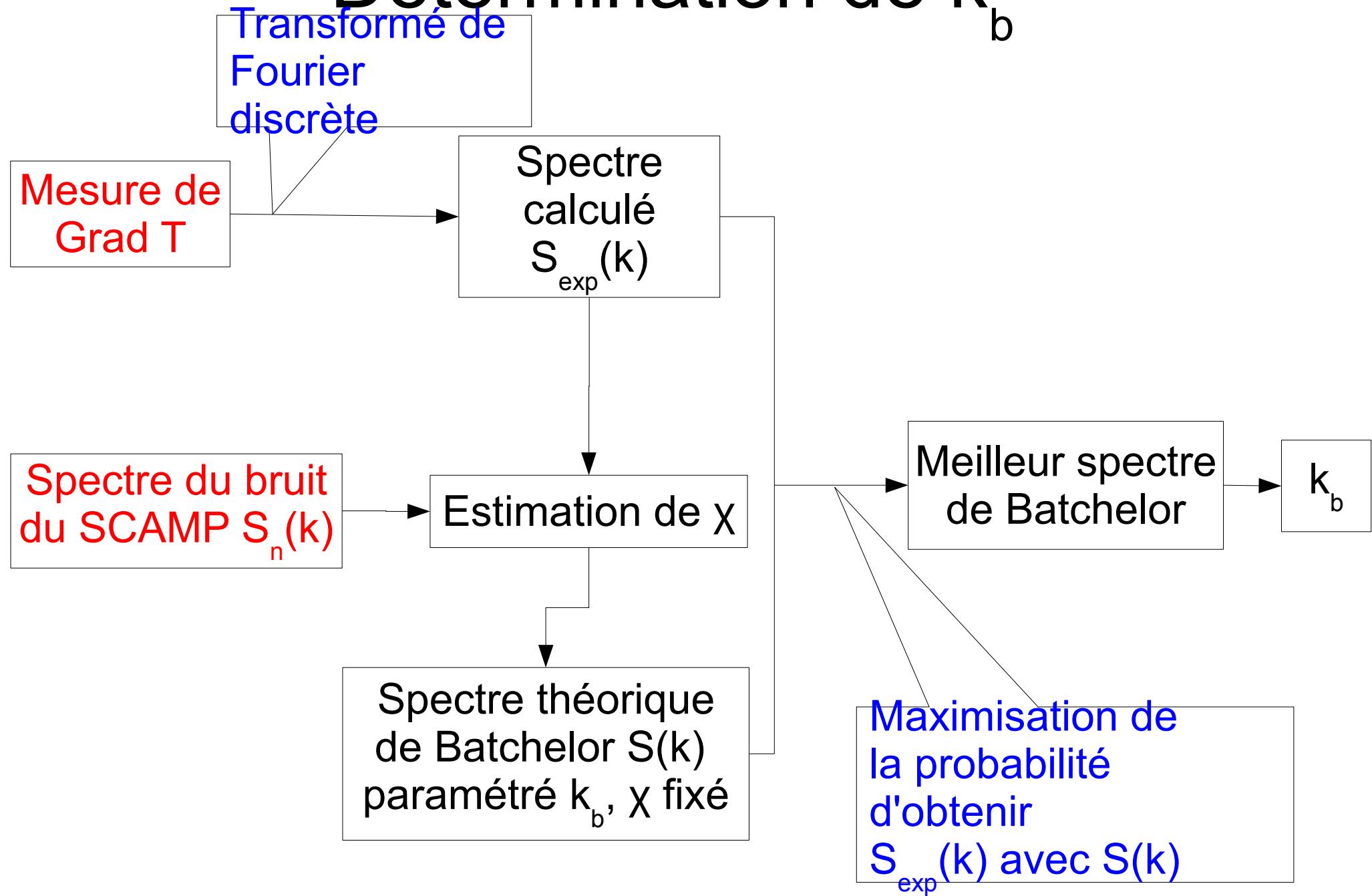
Spectre théorique de gradT (spectre de Batchelor)

$$S(k) = f(k, k_b, \chi)$$

Relation entre ε et k_b (nombre d'onde de Batchelor):

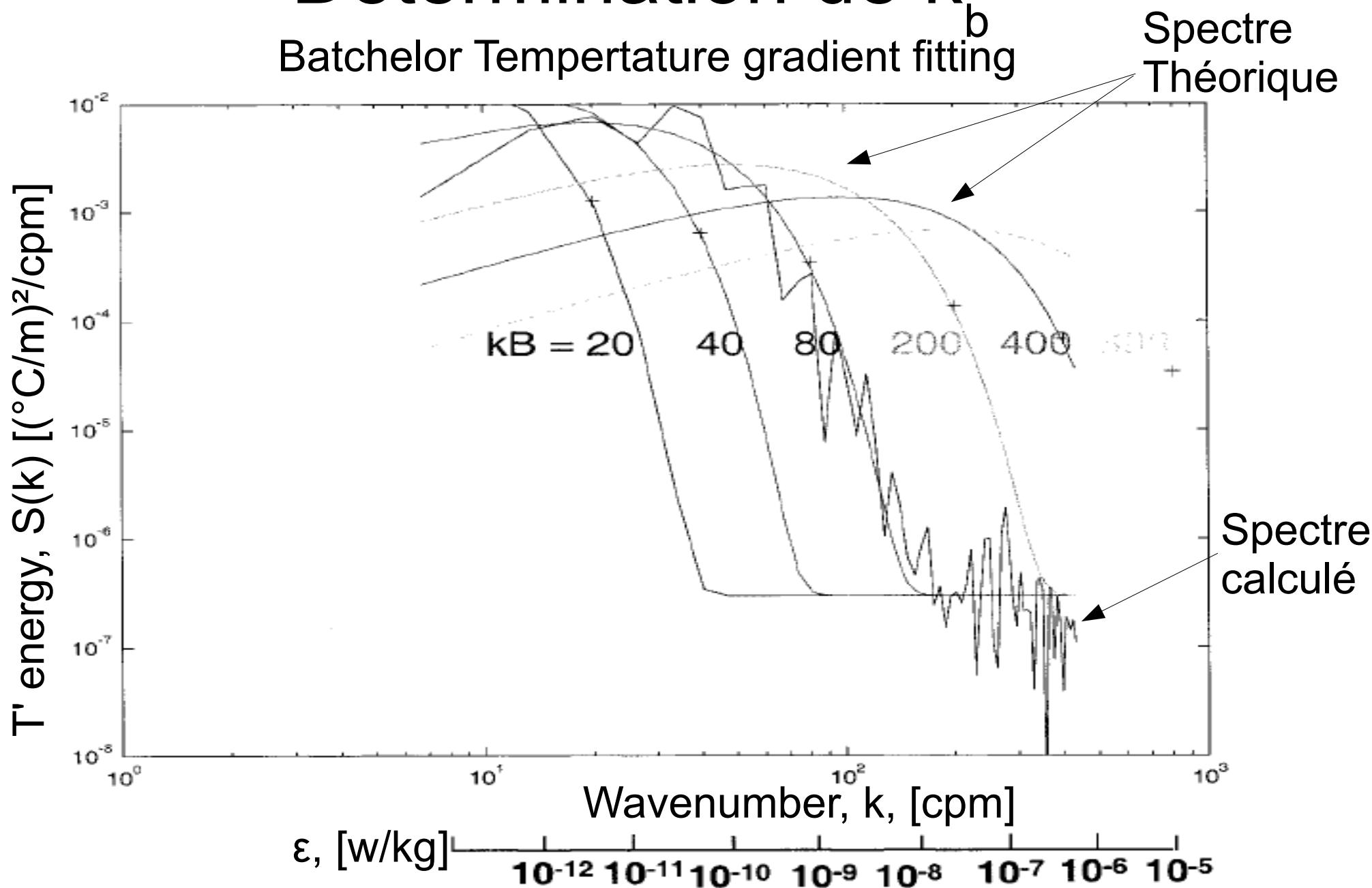
$$\varepsilon = \nu D^2 k_b^4$$

Détermination de k_b

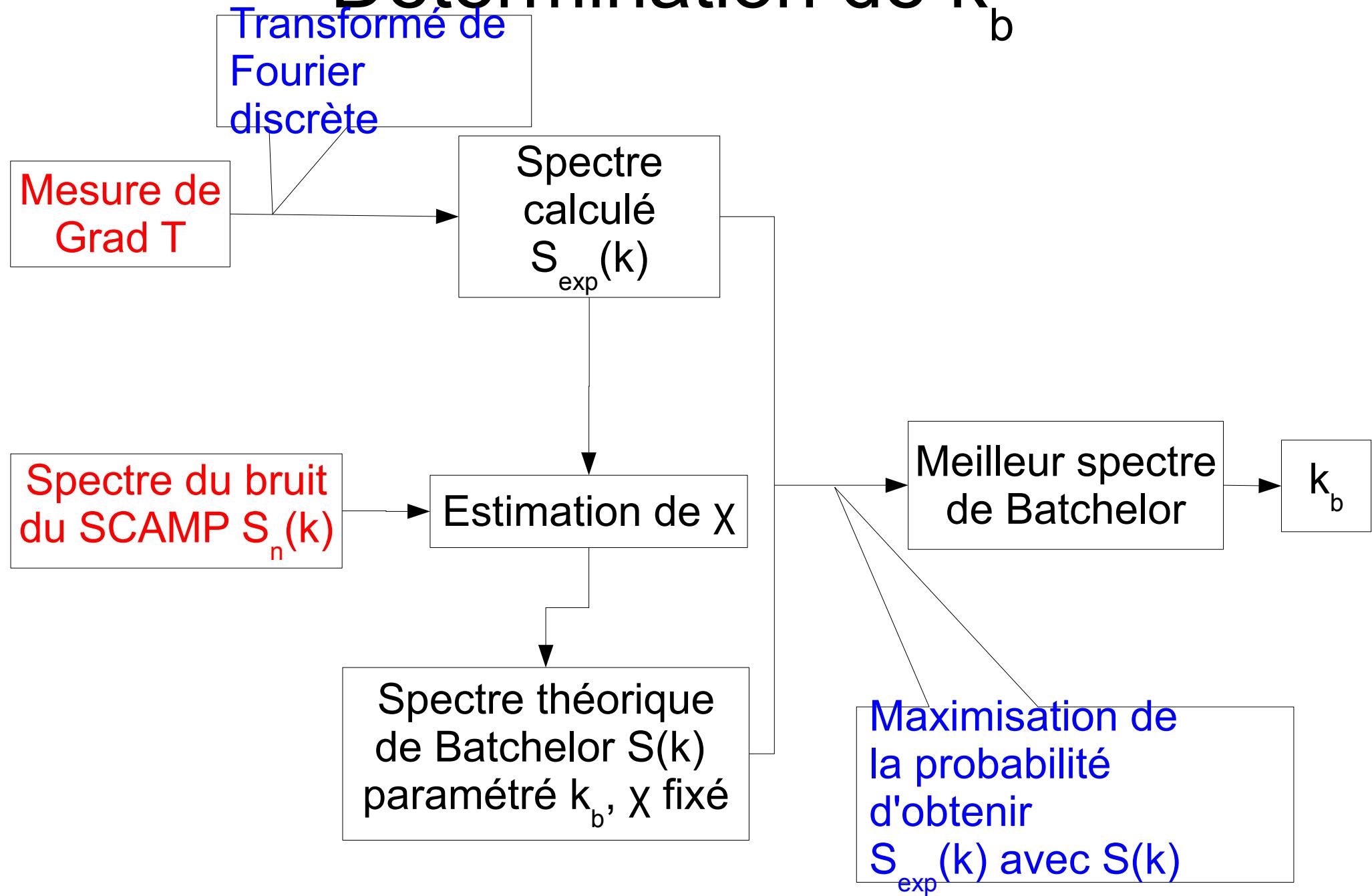


Détermination de k_b

Batchelor Temperature gradient fitting



Détermination de k_b



Détermination de K_z

Turbulence différente selon la profondeur → segmentation de la colonne d'eau

Détermination de N

$$N^2 = \frac{g}{\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial z} \quad \rho = f(T, C) \text{ mesuré}$$

Détermination de ε

$$\varepsilon = \nu D^2 k_b^4$$

Méthode de Osborn(1980):

$$K_z = \frac{R_i}{1 - R_i} \frac{\varepsilon}{N^2} \text{ avec}$$

$$R_i = \frac{N^2}{\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2}$$

Pour déterminer le flux F d'une quantité

$$F = K_z \frac{\partial C}{\partial z}$$

[Ruddick, Barry, Anis, Ayal, Thompson, Keith. 2000:

Maximum Likelihood Spectral Fitting: The Bachelor Spectrum.
Journal of Atmospheric and Oceanic Technology]

Echange avec PME (Routine Matlab)

Application

Sharples et al. (2003): Détermination de ε et K_z → flux d' O_2
dissous (Estuaire au sud de l'Australie)

MacIntyre et al. (1999): Détermination de ε et K_z → flux
d'ammonium (NH_4^+) (Lac Mono en Californie)

Anis et al. (2006): Étude de la turbulence dans un lac mexicain
Détermination de ε , χ et K_z et comparaison avec un modèle

Capteur rapide de température:

Thermistance FP07

Précision: 0.01°C

Constante de temps: 7ms

Capteur rapide de conductivité

Construit par PME

Cellule 4 électrodes de platine

Réponse spatiale: 4cycle/cm

Capteur précis de Température et Conductivité

Thermistance T1201 / BR11 ?

Temps de réponse: 0.2s

Capteur de conductivité fait par PME

Permet de vérifier le capteur rapide

Capteur de pression

PAA10 fabriqué par Keller PSI

Pression Max: 10Bar

Gradient de température:

Circuit analogique connecté à chaque capteur de température

Calcul

$$\frac{dT}{dt} \rightarrow \frac{dT}{dx}$$

avec la vitesse

Fluorimètre:

PAR:

Photodiode Li-Cor LT-192SA

Turbidité:

Capteur 'laser' fait par DA instrument & PME

Sensibilité Max: 0 – 300 NTU

Concentration en oxygène:

Détermination de ε

Relation entre ε et k_b (nombre d'onde de Batchelor):

$$\varepsilon = \nu D^2 k_b^4$$

$$\frac{\partial \overline{(T')^2}}{\partial t} = -2 \overline{w' T'} \frac{\partial T}{\partial z} - \chi \text{ avec } \chi = 2 D \overline{(\nabla T')^2}$$

$$\frac{\partial \overline{E_{ct}}}{\partial t} = -\overline{\rho} \overline{w' u'} \frac{\partial \overline{u}}{\partial z} - g \overline{\rho' w'} - \overline{\rho} \varepsilon \text{ avec } \varepsilon = -nu \frac{\partial \overline{u'_i}}{\partial x_j} \left(\frac{\partial \overline{u'_i}}{\partial x_j} + \frac{\partial \overline{u'_j}}{\partial x_i} \right)$$

Détermination de K_z

Turbulence différente selon la profondeur \rightarrow segmentation de la colonne d'eau

$$F = K_z \frac{\partial C}{\partial z}$$

Détermination de N

$$N^2 = \frac{g}{\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial z} \quad \rho = f(T, C) \text{ mesuré}$$

Détermination de ε

$$\varepsilon = \nu D^2 k_b^4$$

Méthode de Osborn(1980):

$$K_z = \frac{R_i}{1 - R_i} \frac{\varepsilon}{N^2} \text{ avec}$$

$$R_i = \frac{N^2}{\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2}$$

Méthode de Barry et al.:

$$K_z = 0.9 \nu^{2/3} D^{1/3} \frac{\varepsilon}{\nu N^2} \text{ si}$$

$$\frac{\varepsilon}{\nu N^2} < 300$$

Pour déterminer le flux F d'une quantité