

Journée de formation au rectorat, 15/10/2015

L'outil mathématique dans les sciences du climat

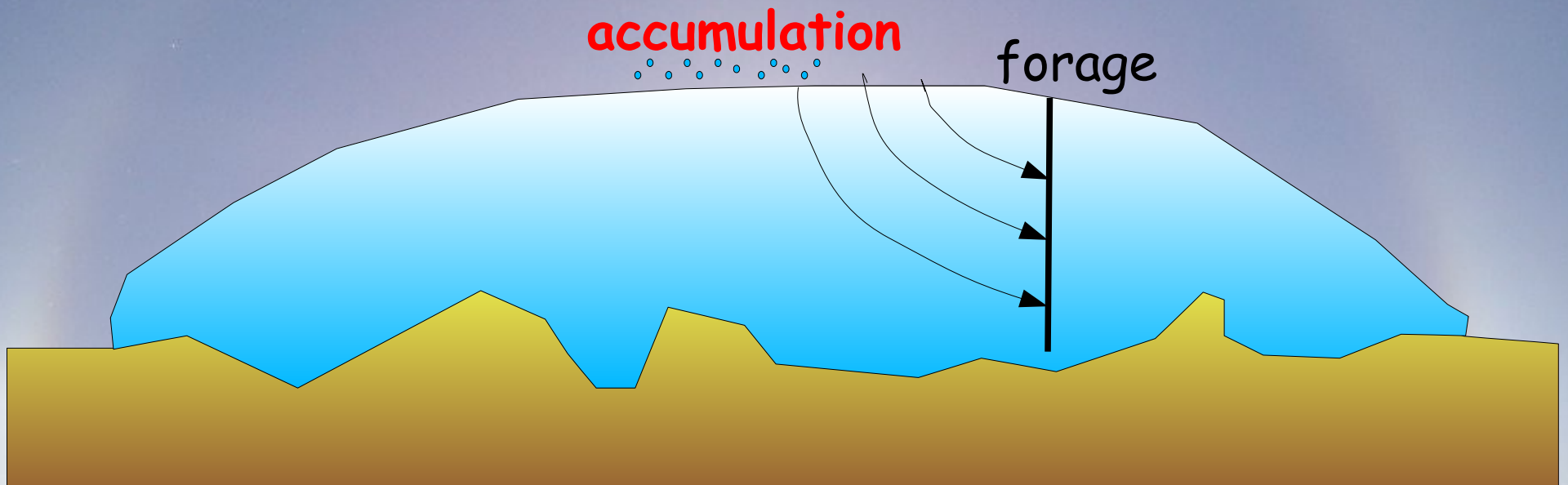
F. Parrenin

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement
Grenoble, France.

parrenin@ujf-grenoble.fr

Le problème

Age de la glace : temps depuis que la neige a été déposée en surface.



- On a un forage
- On veut dater la glace de ce forage

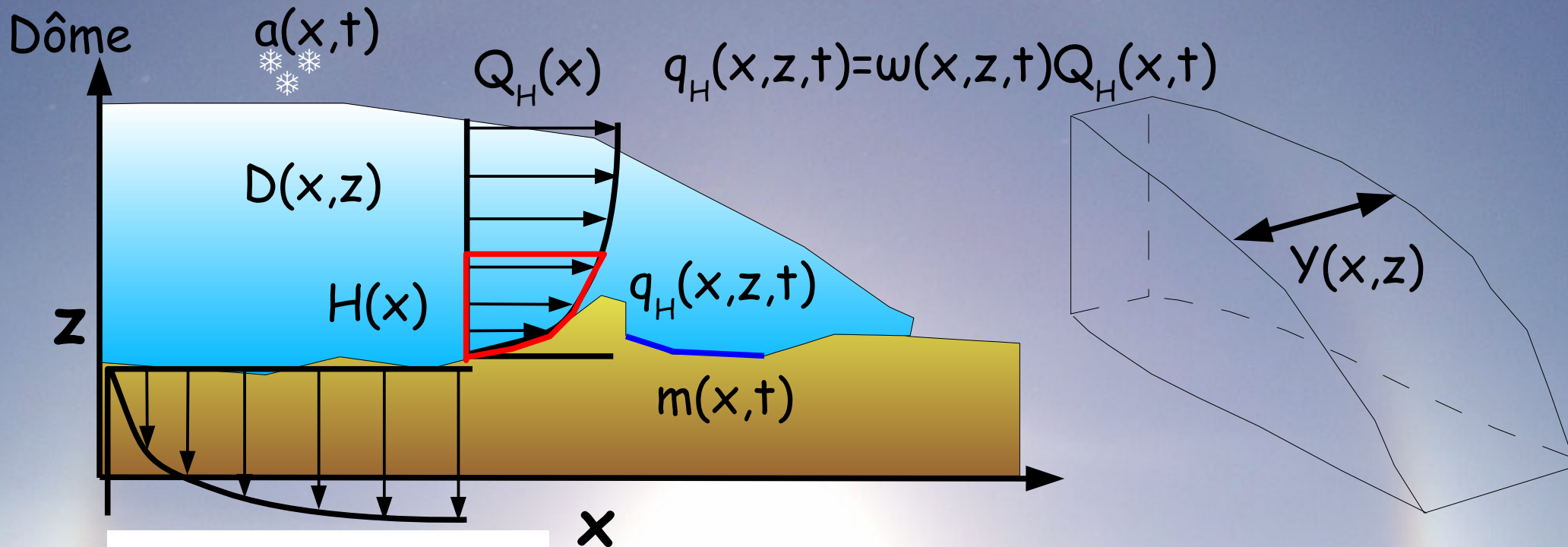
Plan

- Calculs analytiques
- Résolution numérique
- Méthodes inverses
- Traitement du signal

A landscape photograph featuring a bright sun low on the horizon, creating a lens flare effect. A double rainbow is visible, arching across the sky. The foreground shows a hazy, low-lying terrain with some snow patches.

Approche analytique

La fonction de courant



$$Q_m(x, t) + Q_B(x, t),$$

Hyp. : $w' > 0$ (pas de flux inverse)

$$Y D u_x = \frac{\partial q}{\partial z},$$

$$Y D u_z = -\frac{\partial q}{\partial x}.$$

$$q(x, z, t) = q_H(x, z, t) + Q_m(x, t) + Q_B(x, t),$$

Pseudo steady state, (π, θ) coordinates

Fonction de courant normalisée :

$$q(x, z, t) = Q(x, t)\Omega(x, z, t).$$

Chgt de variable temporelle :

$$a(x, t) = \bar{a}(x)R(t),$$

$$m(x, t) = \bar{m}(x)R(t),$$

$$\bar{t} = \int_0^t R(t')dt',$$

Coordonnées (π, θ) :

$$\pi(x) = \ln \left(\frac{Q(x)}{Q^{\text{ref}}} \right),$$

$$\theta(x, z) = \ln (\Omega(x, z)),$$

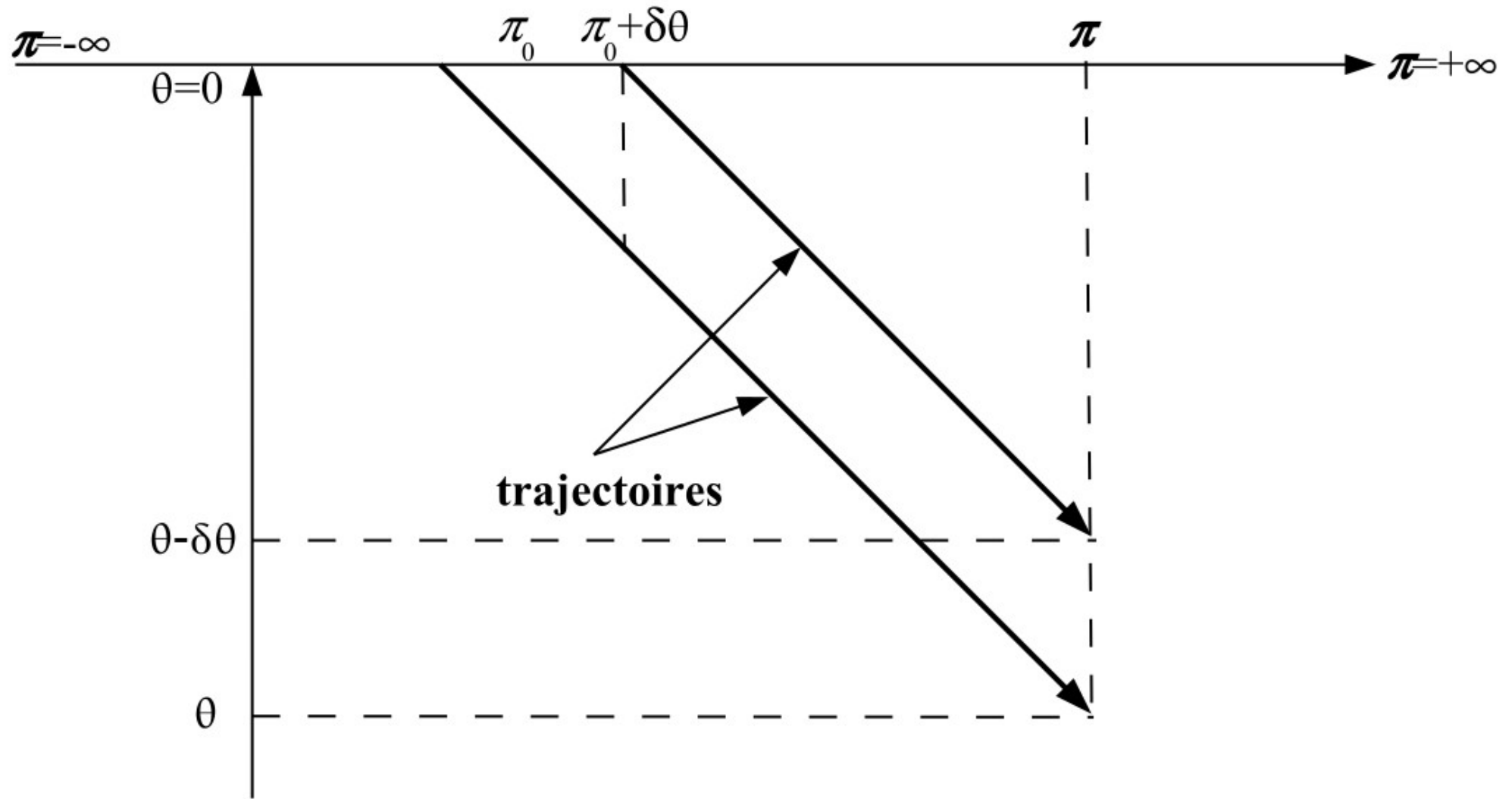
Champ de vitesse en (π, θ) :

$$Y Du_{\pi} = \frac{\partial \Omega}{\partial z} Y^S a.$$

$$Y Du_{\theta} = -\frac{\partial \Omega}{\partial z} Y^S a.$$



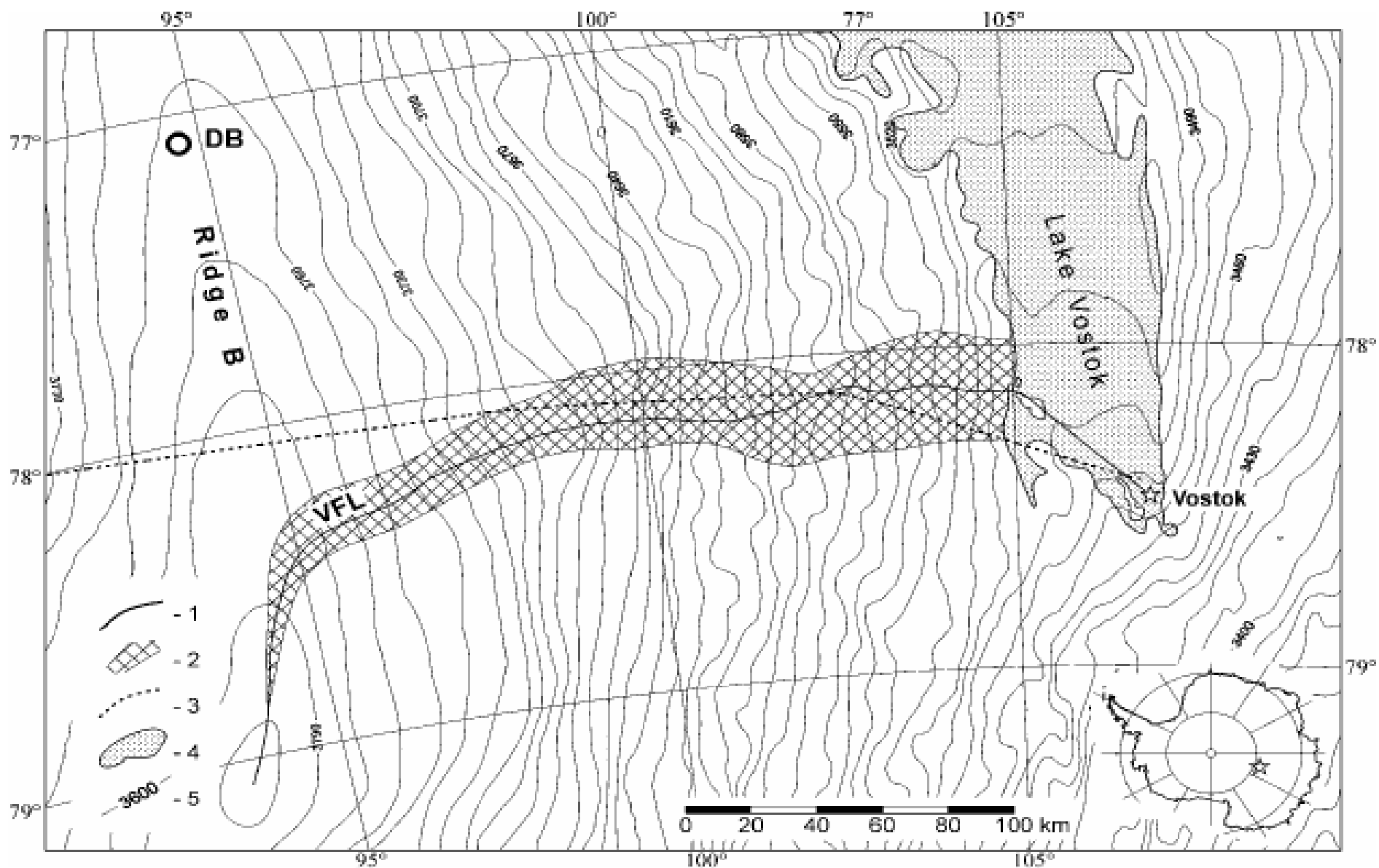
Trajectoires en (π, θ)



An aerial photograph of a vast, flat landscape, possibly a coastal plain or a large field, with a bright sun low on the horizon. A double rainbow is visible, arching over the landscape. The sky is a clear, pale blue. The text 'Modélisation numérique' is centered in the middle of the image.

Modélisation numérique

La ligne d'écoulement étudiée



La grille en coordonnées (x,z)

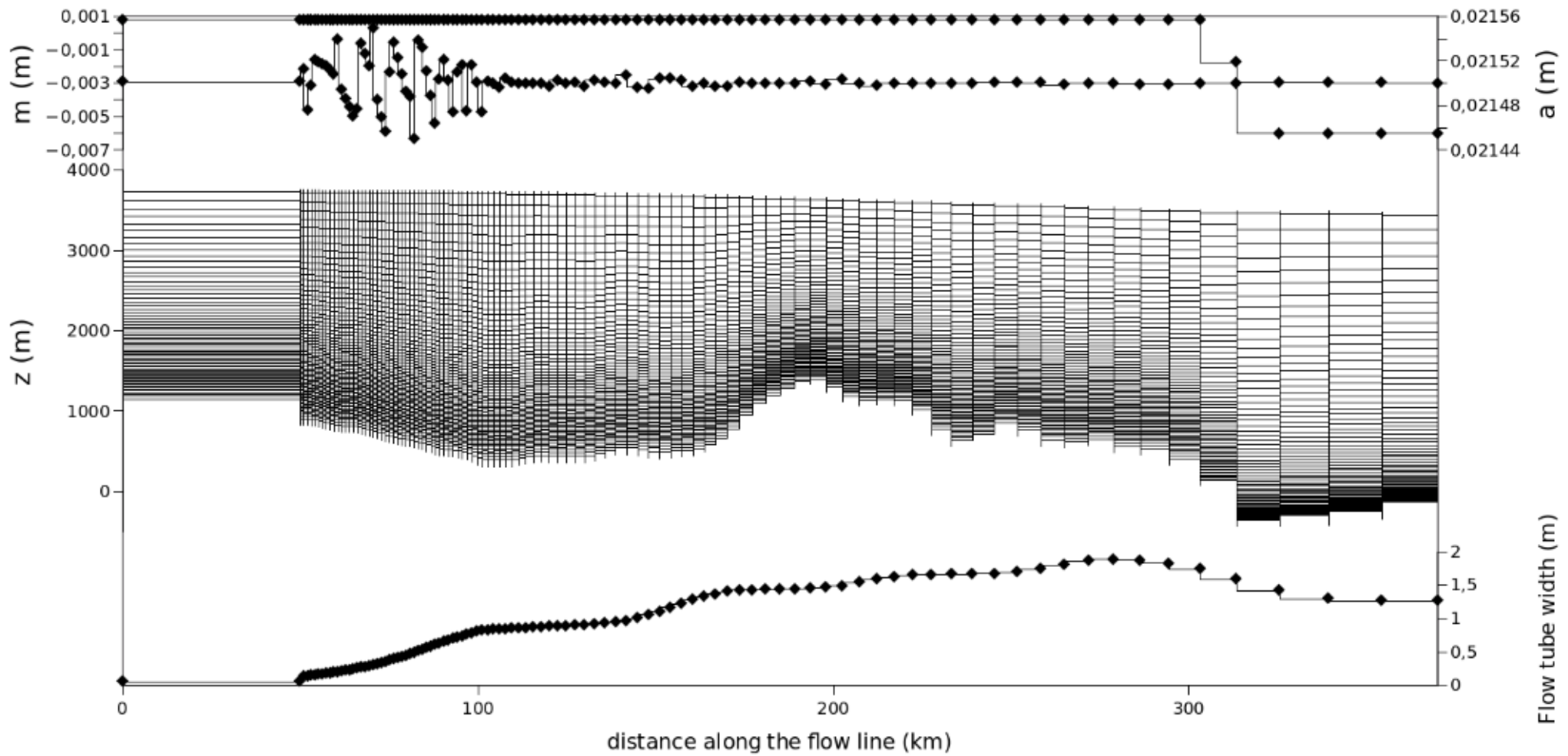
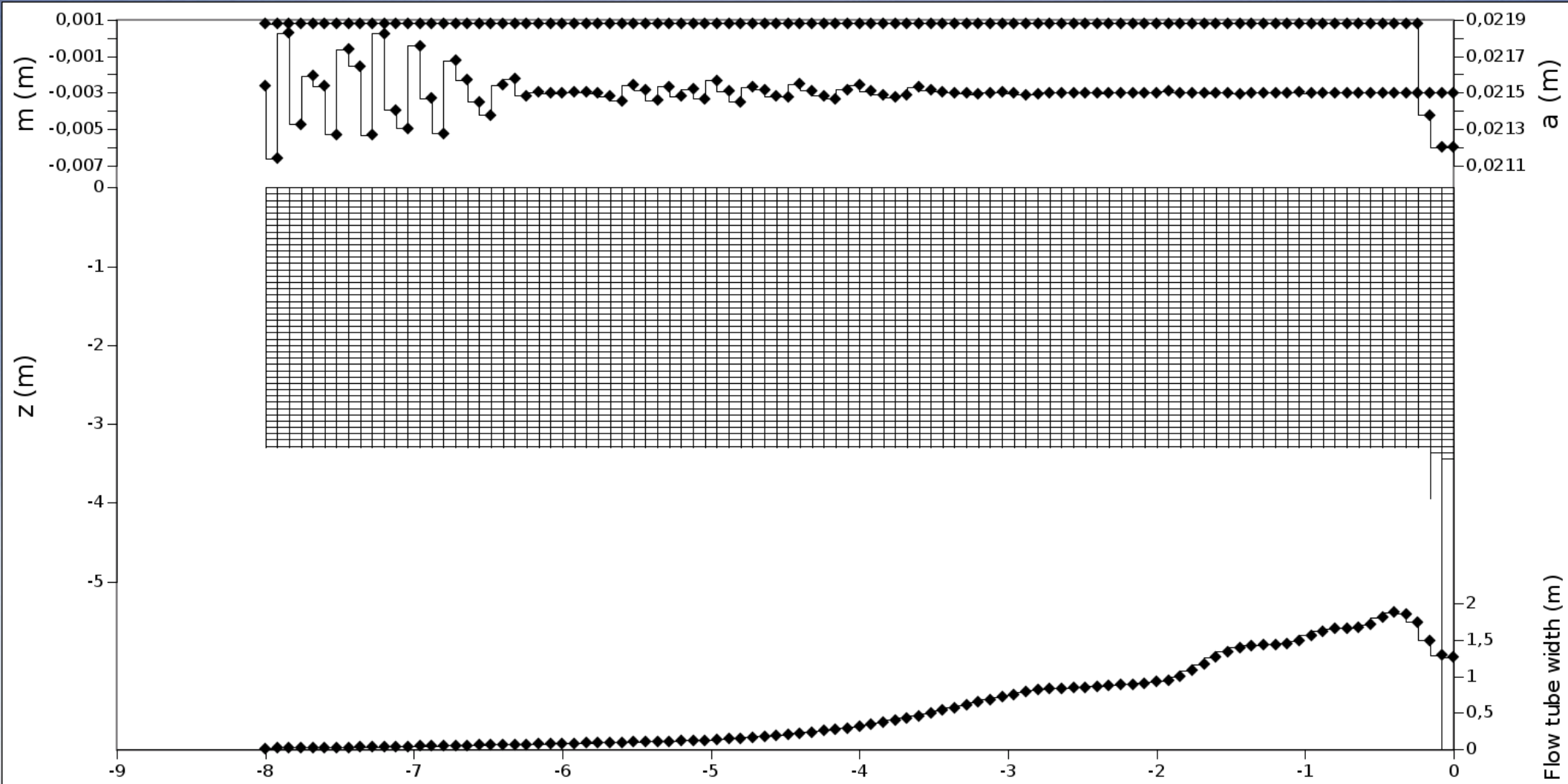


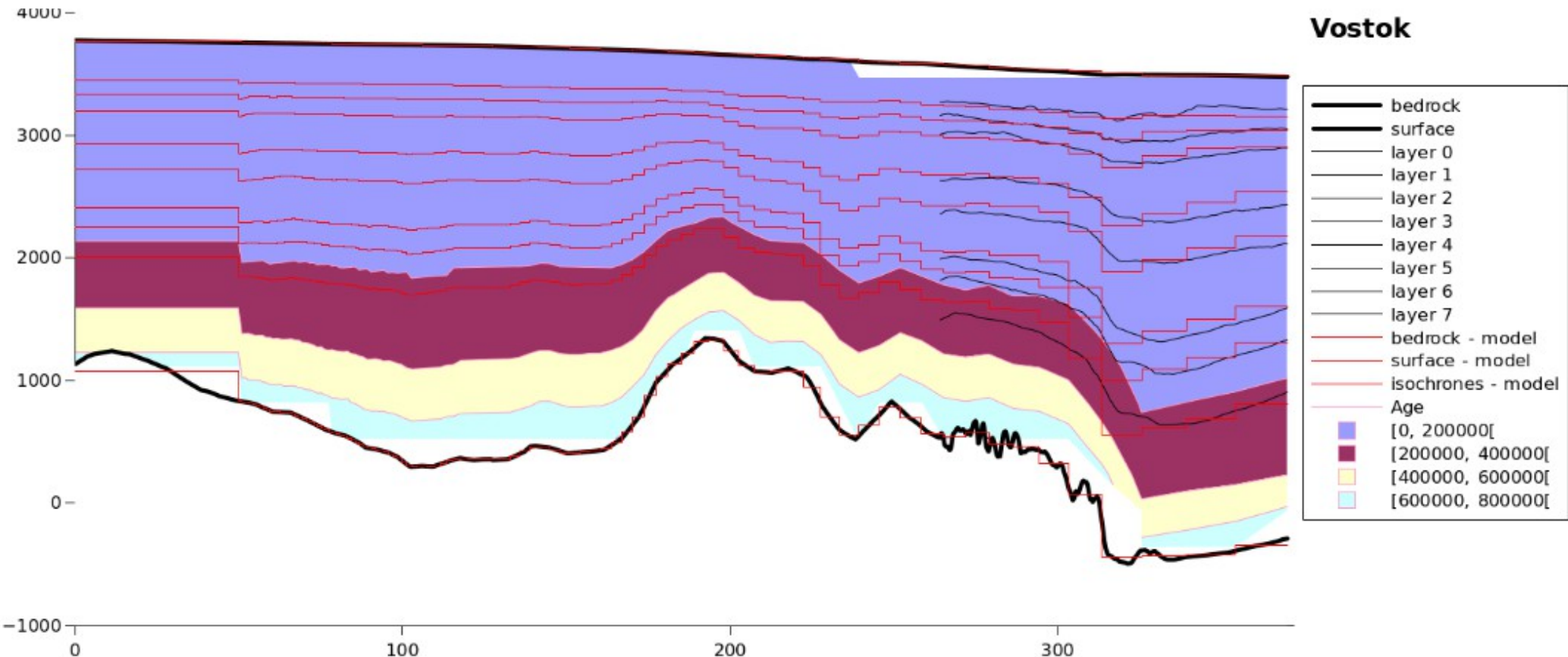
Schéma numérique en (π, θ)



- Les particules traversent les cellules en diagonale => facilité de résolution

Champ d'âge Ridge B - Vostok

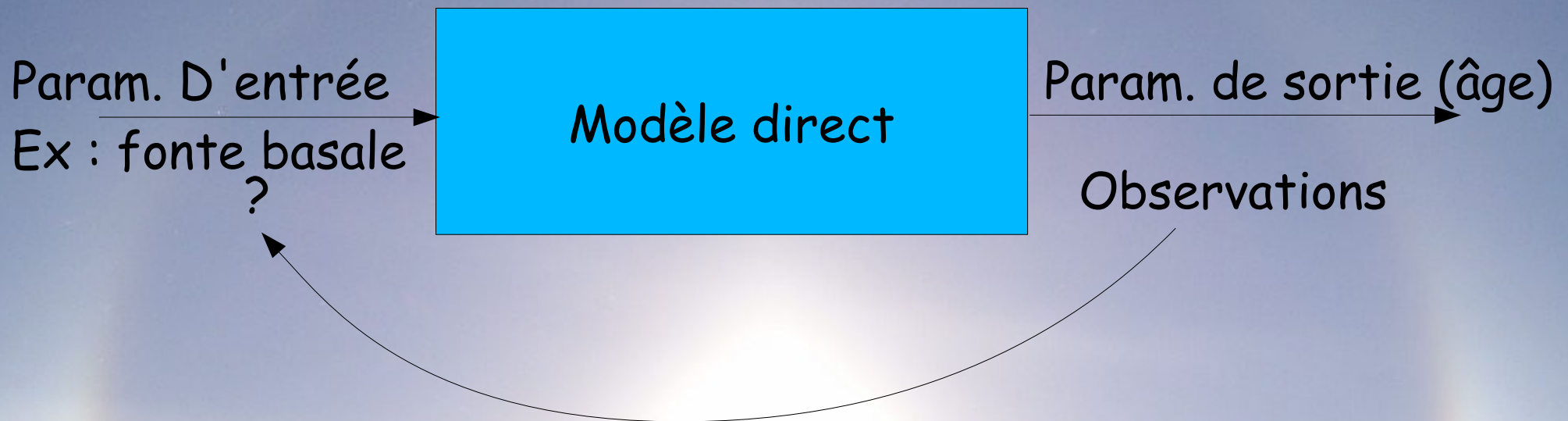
Dome B



An aerial photograph of a vast, flat landscape, possibly a coastal plain or a large field, with a bright sun low on the horizon. A double rainbow is visible, arching over the landscape. The sky is a clear, pale blue. The text "Méthodes inverses" is centered in the middle of the image.

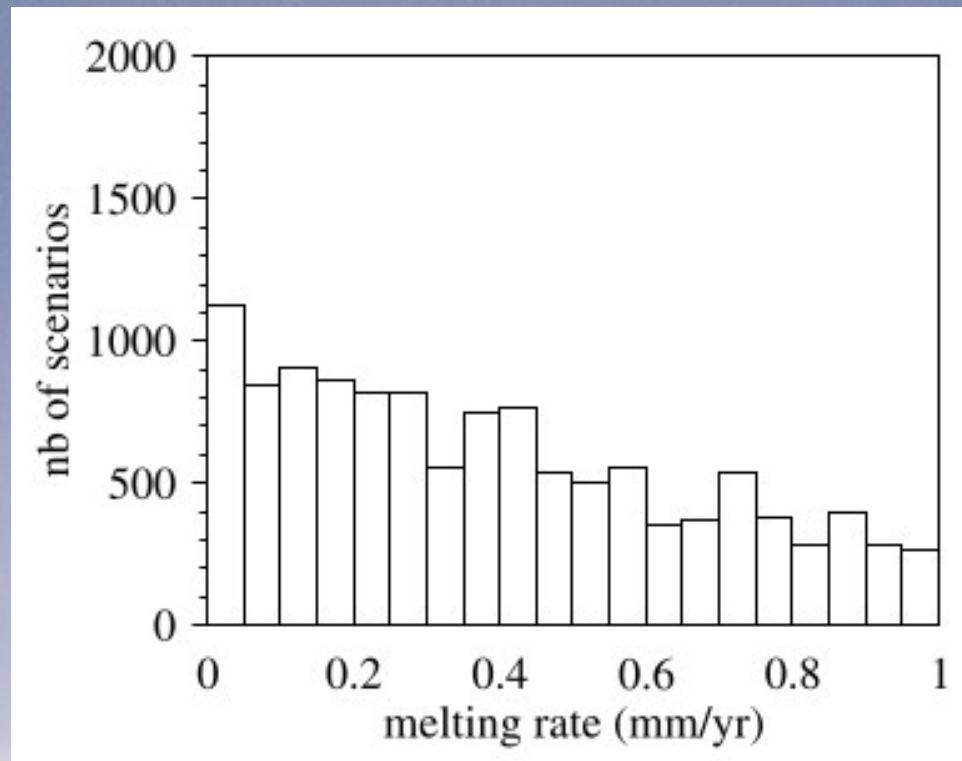
Méthodes inverses

Méthodes inverses - principe



- Des observations peuvent contraindre les paramètres d'entrée et de sortie du modèle
- Résolution de ce problème probabiliste par des méthodes d'optimisation

Reconstruction de la fonte basale

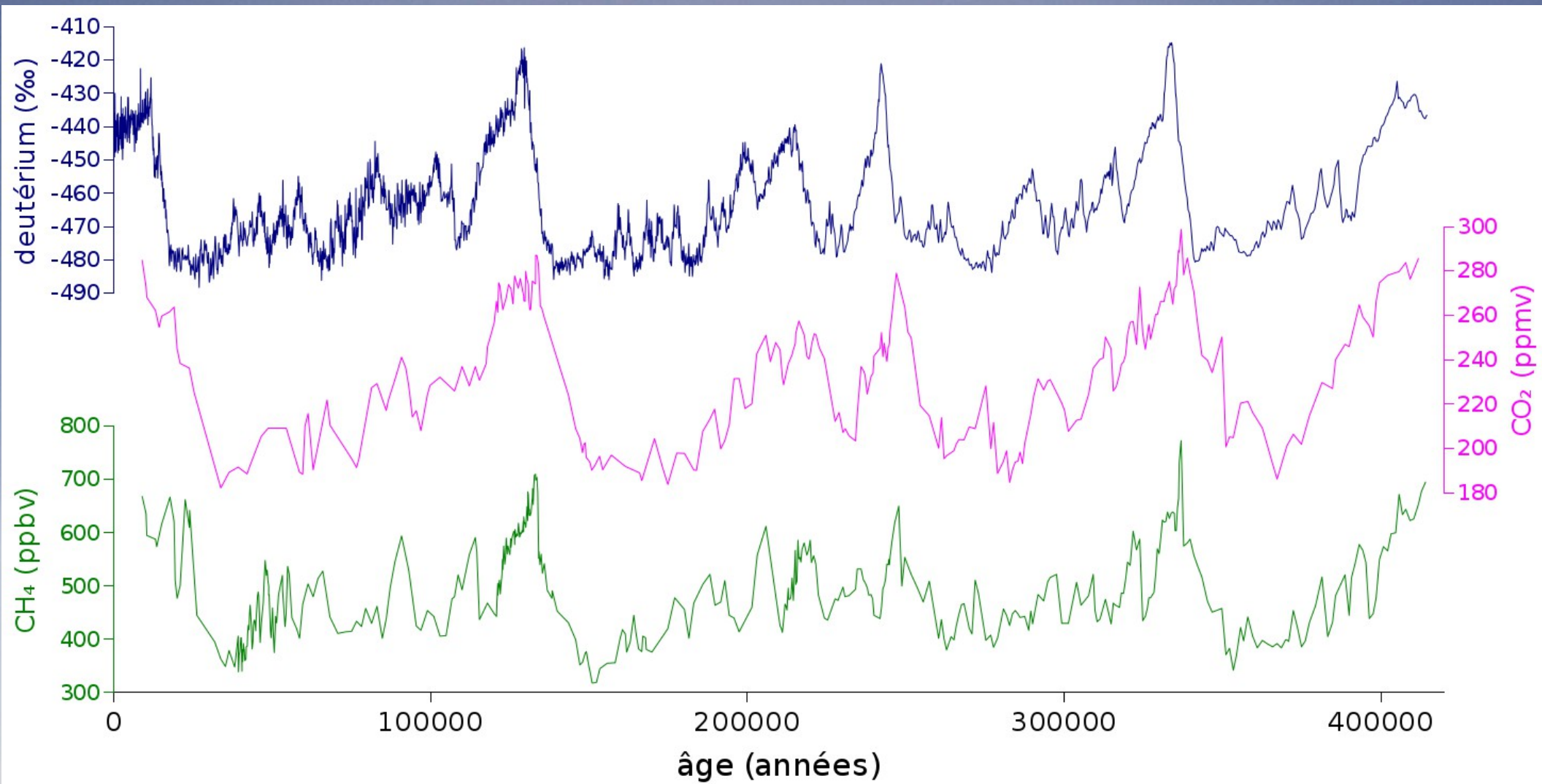


- Densité de probabilité de la fonte basale
- Méthode de Monte-Carlo chaîne de Markov
- Marche aléatoire dans l'espace des param.

An aerial photograph of a vast, flat landscape, possibly a coastal plain or a large field, under a clear blue sky. A bright sun is positioned in the center of the frame, creating a large, circular lens flare. Two faint rainbows are visible, one on the left and one on the right, arching over the landscape. The overall scene is bright and clear.

Traitement du signal

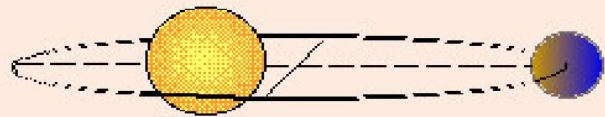
Les enregistrements à Vostok



La théorie astronomique des paléoclimats

« Les changements climatiques sont gouvernés par des changements d'insolation »

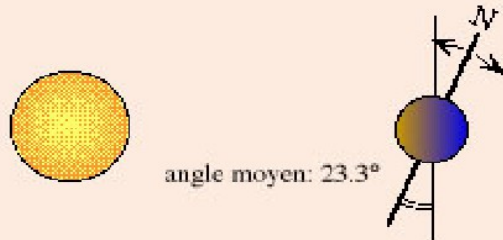
Variations de l'EXCENTRICITE de l'orbite terrestre



périodicités de 100 et 413 ka



Variations de l'OBLIQUITE de l'axe de rotation

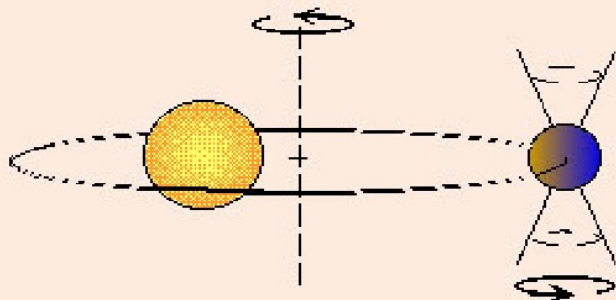


angle moyen: 23.3°

périodicité de 41 ka



PRECESSION de l'axe de rotation et ROTATION de l'orbite terrestre

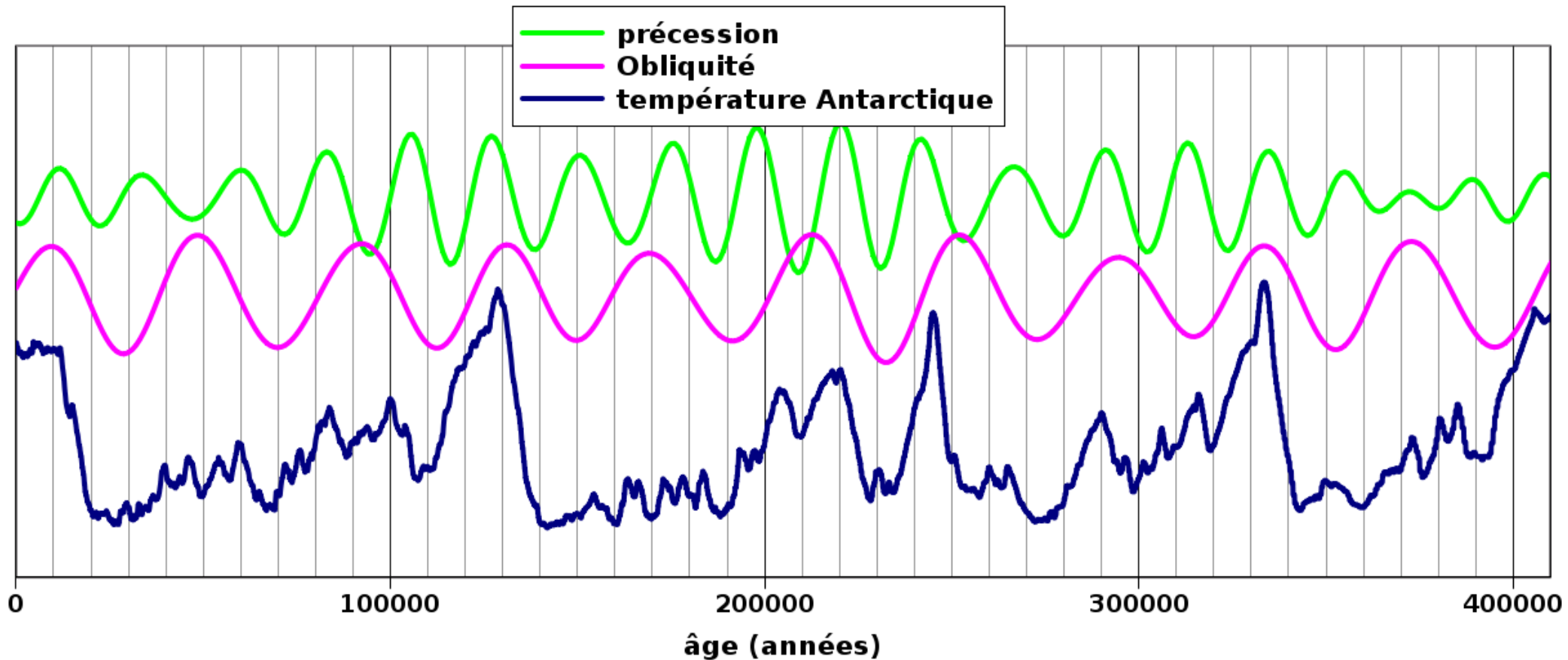


périodicités de 23 et 19 ka

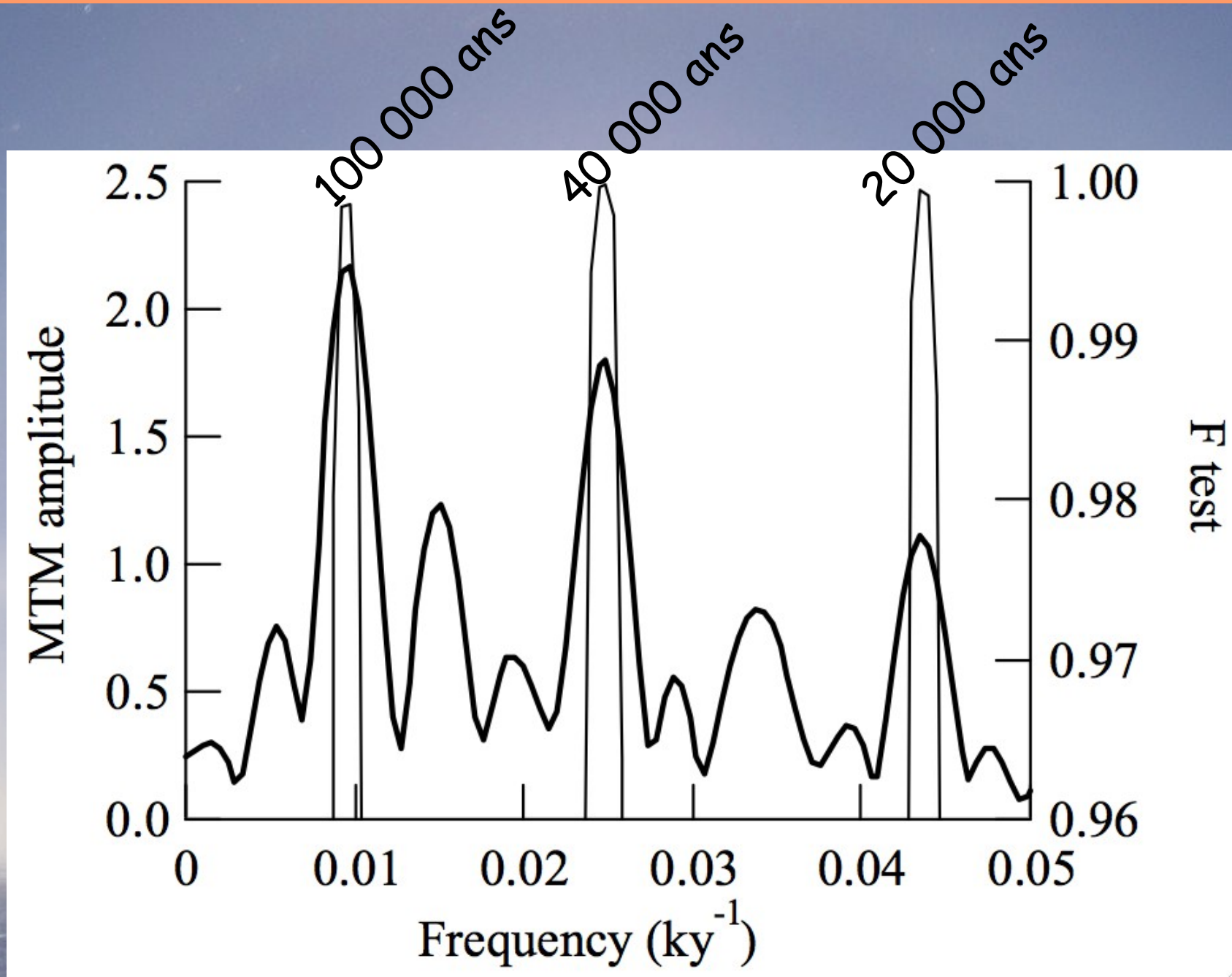


La théorie astronomique des paléoclimats

Confirmée par les carottes de glace



Analyse de Fourier



A landscape photograph featuring a bright sun in the center of the sky, creating a lens flare effect. Two rainbows are visible, one on the left and one on the right, arching over a hazy horizon. The foreground shows a flat, open landscape with some distant structures and trees.

Fin.

Questions ?

Déphasage CO_2 / temp. Ant.

