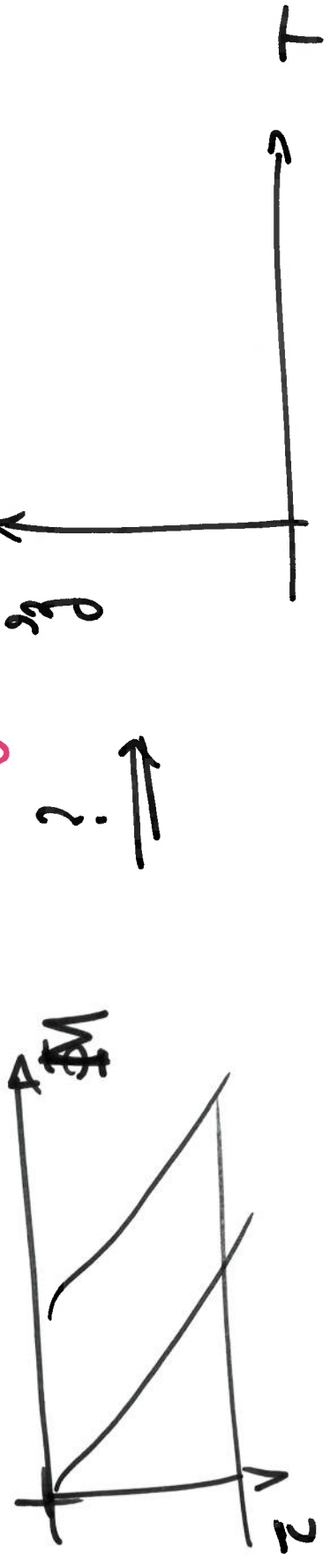


Discrétisation de l'écart de température entre

- la surface à T_s $M_s = \phi_0 \frac{\tau_s + 2}{2}$
- l'atmosphère en surface $M_{atm}(\tau_s) = \phi_0 \frac{\tau_s + 1}{2}$

$\Delta M = \frac{\phi_0}{2} \Rightarrow$ discrétisation de température

~~Equilibre radiatif~~ $\Rightarrow \Delta T_s \Rightarrow$ convection
 impossible car instabilité \uparrow flux de chaleur
 convection associé à absorption localisée ~~de l'énergie~~
 en surface du flux solaire



$F \uparrow$ et \downarrow

à 25 km

$$F \uparrow \gg F \downarrow \quad (\text{à l'∞} \quad F \uparrow = 1-A_C \quad F \downarrow = 0)$$

méthode à 2 flux dans hypothèse ipul radiatif

cas $\tau_S = 0$

$$\sigma T_{\text{surf}}^4 = \Phi_0 = 240 \text{ W m}^{-2} \quad T_{\text{surf}} \approx 255 \text{ K}$$

par d'effet de serre

atmosphère T indépe de l'altitude

$$M_{\text{atm}} = \Phi_0 = \sigma T_{\text{skin}}^4 \quad T_{\text{atm}} = T_{\text{surf}} \times \frac{1}{\sqrt{2}}$$

température de peau $\approx 214 \text{ K} \approx T_{\text{tropopause}}$

$$T_{\text{surf}} - T_{\text{atm}} = 255 \text{ K} - 214 \text{ K} = 41 \text{ K}$$

cas $z_s > 0$ effet de serre $T_{atm}(z=0) = T_{skin}$

$$M = \frac{\Phi_0}{4} \left(\frac{z+1}{2} \right)^2 \approx \sigma T_A^4$$

x l'atmosphère très basse trop z due à la vapeur d'eau
 $z = z_s \exp(-\beta/H_{vapeur})$ $H_{vapeur} \approx 2 \text{ km}$

$$\frac{\Phi_0}{z_s} e^{-\beta/H_{vapeur}} \frac{1}{2} = \sigma T_A^4$$

$$\frac{\Phi_0}{2} = \sigma T_{skin}^4 \left(\frac{z}{2} \right)^2 \left(\frac{H}{z} \right)^2$$

$$\left(\frac{T(z)}{T(z=\infty)} \right)^4 = z_s e^{-\beta/H} + 1$$

$\frac{H}{z} \ll 1$
 $\frac{H}{z} \ll 2$

$\frac{3}{4H}$ v. eau
 couche de la surface

$$\frac{1}{T} \frac{dT}{dz} \approx - \frac{1}{4H}$$

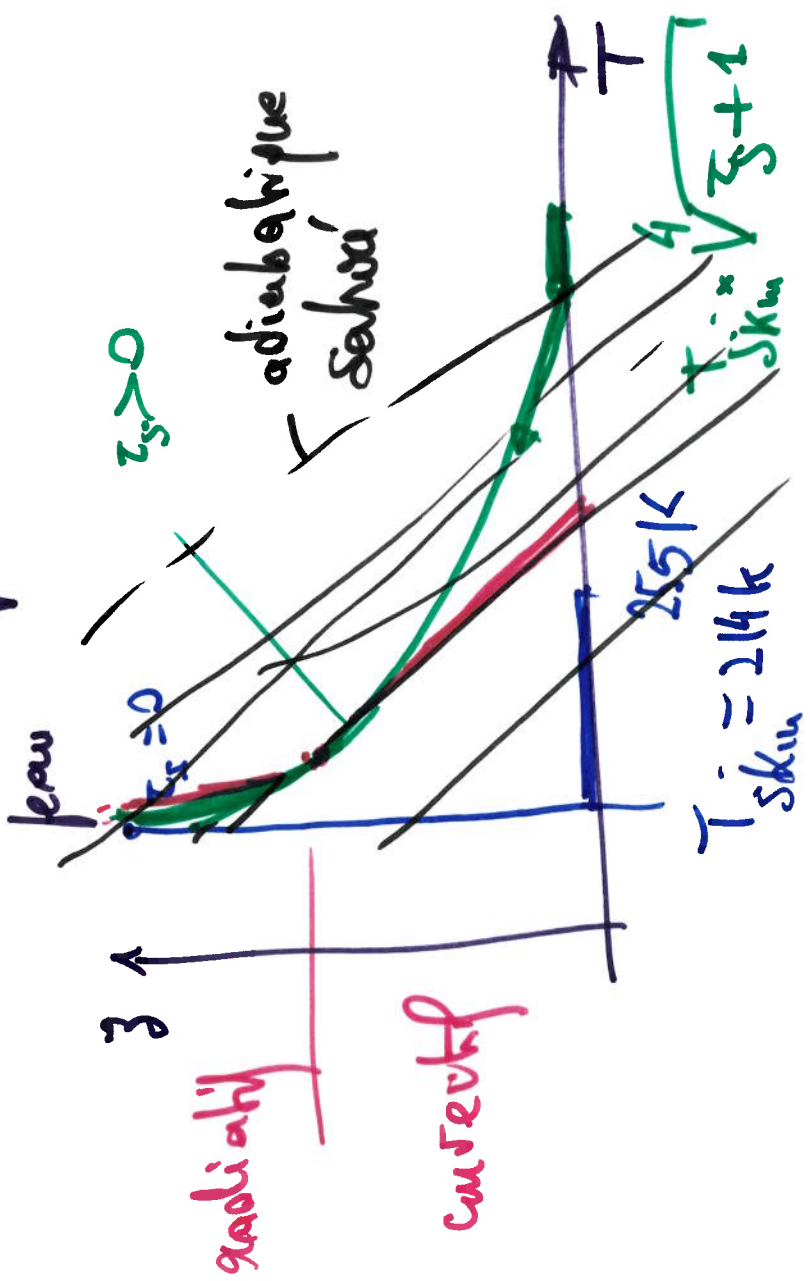
$$\frac{dT}{dz} = - \frac{T}{4H}$$

$$\frac{dT}{dz}(0) = - \frac{288 K}{8 km}$$

$\approx -36 K / km$
 \Rightarrow convection

$\Delta T \downarrow$ si $\gamma \uparrow$

$$T(z) = T(z=0) \sqrt[4]{z_0 e^{-3/4H} + 1} \approx e^{-3/4H} \sqrt[4]{z_0 + 1} \approx e^{-3/4H} \sqrt[4]{z_0} \sqrt[4]{1 + \frac{1}{z_0}}$$



discontinuité en radiatif par

$$\frac{\Delta M}{M} = 4 \frac{\Delta T}{T} = \frac{\frac{\phi_0/2}{T_{surface}}}{\frac{\phi_0}{2} (z_0 + 1)}$$

IV Taux de refroidissement / seichouffement IR tellurique

(26)

IV. 1 Notations simplifiées

τ = épaisseur optique verticale τ_p oblique

$$e^* = e^{-\frac{\tau}{\mu}} = -\frac{1}{\mu} e^{-\frac{\tau}{\mu}} = -\frac{1}{\mu} e^{-\frac{\tau}{\mu}}$$

$$F^{\uparrow}(\tau) = M(\tau) e^{-\frac{\tau}{\mu}} + \int_0^{\tau} M(\tau') e^{-\frac{\tau-\tau'}{\mu}} \frac{d\tau'}{\mu}$$

$$F^{\downarrow}(\tau) = \int_0^{\tau} M(\tau') e^{-\frac{\tau-\tau'}{\mu}} \frac{d\tau'}{\mu}$$

$$\frac{d(F^{\uparrow} - F^{\downarrow})}{d\tau} = ?$$

27

$$\frac{dF}{ds} =$$

$$M(s) \left[\frac{1}{s} - \frac{1}{s-\mu} \right] + \int_0^{\infty} M(\tau) e^{-s\tau} \frac{d\tau}{\tau} + \int_0^{\infty} M(\tau) e^{-s\tau} \frac{d\tau}{\tau^2}$$

$$+ M(s) \left[\int_0^{\infty} e^{-s\tau} \frac{d\tau}{\tau} + \int_0^{\infty} e^{-s\tau} \frac{d\tau}{\tau^2} \right] + \int_0^{\infty} \frac{e^{-s\tau}}{1 - e^{-\tau\mu}} d\tau = \frac{1}{s} + \frac{1}{s-\mu} + \frac{1}{s} + \frac{1}{s-\mu} + \frac{1}{s} + \frac{1}{s-\mu}$$

$$= \frac{1}{s} + \frac{1}{s-\mu} + \frac{1}{s} + \frac{1}{s-\mu} + \frac{1}{s} + \frac{1}{s-\mu}$$

IV-3 Interprétation des 4 termes

$$\frac{dF}{dt} = -M(z) e^{-z/t} + (M(z_s) - M(z)) e^{-z'/t} + \int_{z_2}^{z_5} [M(z') - M(z)] e^{-z'/t} \frac{dz'}{t^2} + \int_0^z [M(z) - M(z')] e^{-z'/t} \frac{dz'}{t^2}$$

① < 0 refroidissement vers l'espace
 ② échange avec la surface
 ③ couches inférieures
 ④ couches supérieures

$$\frac{dF}{dt} < 0 \Leftrightarrow \frac{dF}{dz} > 0 \Leftrightarrow$$

refroidissement net

IV.4 Flux cooling to space

(29)

$$\frac{dT}{dz} = -M(z) \frac{e^{-z/\bar{F}}}{\bar{F}}$$

vérifier que (2) \ll (1)

$$|M(z_s) - M(z)| e^{-z/\bar{F}} \ll e^{-z/\bar{F}}$$

Comparer les transmissions

$$z \ll z_s \gg z_s \geq H_{\text{vap d'eau}} \quad \text{Ln } z$$

$$\text{ex: } z = z_s \exp(-z/H_{\text{v.d'eau}})$$

très vite vérifié pour H_2O $z \geq 1,4 \text{ km}$.

près de la surface $T(z)$ proche de T_s [] faible

→ bilan (2) \ll (1) pour H_2O, CO_2

à 9,6 pm

Non vérifié pour l'épave, en dessous de S_{im} maximum

$z < \max de [z_2] \quad z_3 (z \rightarrow \infty) > z_3 (0 \rightarrow z)$

Transmission bien meilleure entre 0 et z qu'entre z et ∞

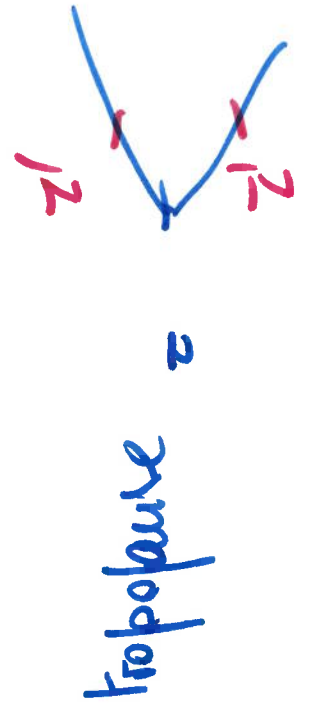
$(2) > (1) \quad T_1 > T_2 \Rightarrow$ chauffage par le

gauch issu de la surface et absorbé dans la couche à z

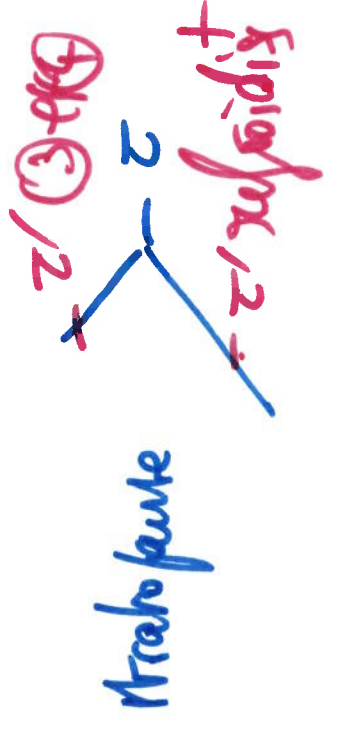
$(3) + (4) \ll (1)$

intégrales d'échange se compensent en finéral

sauf un linéarité dans le profil de température



(3) + (4) chauffent



IV-4 Calcul du taux de refroidissement

$$\frac{dF}{dy} = \int_{\bar{v}_1}^{\bar{v}_2} \frac{dF}{d\bar{v}} d\bar{v}$$

$$\frac{dF}{d\bar{v}} = -k_{\bar{v}} - k_{\bar{v}} \frac{dF}{dT}$$

$$\frac{dF}{d\bar{v}} = -k_{\bar{v}} M_{\bar{v}} \frac{d\mathcal{G}^*}{dz}$$

$$p \rho \frac{dT}{dt} + \frac{dF}{dy} = 0$$

$$\frac{dT}{dt} = - \frac{1}{p \rho} \int_{\bar{v}_1}^{\bar{v}_2} k_{\bar{v}} M_{\bar{v}} \frac{d\mathcal{G}^*}{d\bar{v}} d\bar{v}$$

$\frac{d\mathcal{G}^*}{d\bar{v}} > 0$

IV.5 Approche du refroidissement newtonien

Epaup couche atmosphérique à T_0

- absorption par le gaz → chauffage
 - émission par le gaz → refroidissement
- ds le cadre cooling to space

perpetuum $T_0 \rightarrow T_0 + \Delta T \Rightarrow$ linéariser
retour à l'équilibre

$$\frac{1}{\Delta T} = - \frac{1}{\tau_{radiative}} \frac{dT}{dt}$$

dérivée de $\Phi_{black} \times h\nu$

$\tau_{radiative}$ { troposphère $\sim 10^j \Rightarrow$ radiatif
très lent durant la dynamique

{ stratosphère $\sim 3 \text{ à } 5^j \Rightarrow$ radiatif
plus en compte