

② $\alpha ? \sin \alpha = \frac{EK}{EA} = \frac{B}{R+D}$ $B = 0,866$ $\alpha \approx 60^\circ = \pi/3$ ②

$\alpha \approx 0,5$ $R' \approx \pi R$

④ $d^2U = \Sigma' (\theta, \varphi) \times d^2\Omega'$

\uparrow de une sphère $V(\theta, \varphi) \Sigma' = \pi R^2$

sphérique

⑤ $d^2U = \pi R^2 d^2\Omega'$

Terre émet comme un C.N. $\Rightarrow L_+$ indpt de la direction

$L_+ \approx \frac{MT}{\pi}$ $M_+ = \sigma T_+^4$ Stefan

$T_+ = 255 \text{ K}$ $M_+ \approx 240 \text{ W m}^{-2}$ $L_+ = 76 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

$4\pi R^2 C_0 (1-A) = 4\pi R^2 M_+$ $M_+ = \frac{1-A}{4} C_0$

$$P_0 = \int_{\Omega'} L_T d^2 \chi(\theta, \varphi) = L_T \int_{\Omega'} \pi r^2 d^2 \Omega'$$

$$P_0 = \frac{L_T}{4} \pi r^2 \int_{\Omega'} d^2 \Omega' = \pi r^2 L_T \Omega'$$

$$\text{⑦ Satellite} = CN \frac{1}{4} \pi r^2 T_1$$

$$\text{puissance absorbée } P_0 = M_1 \times 4\pi r^2 \quad \text{puiss. émise}$$

$$\pi r^2 L_T \Omega' = 4\pi r^2 M_1 \quad M_1 = \frac{L_T \Omega'}{4}$$

$$R' = \pi \quad M_1 = \frac{M_T}{4} = 60 \text{ W m}^{-2}$$

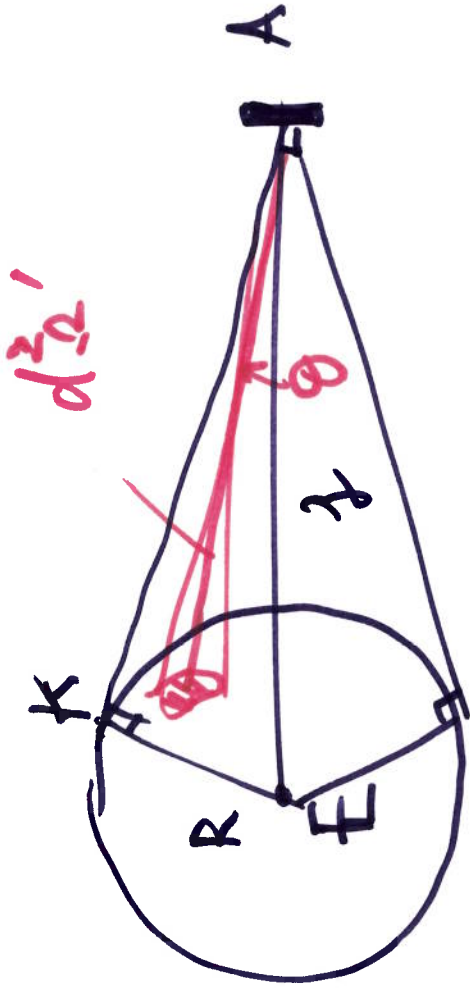
$$\text{⑧ } \sigma T_1^4 = \frac{\sigma T_T^4}{4} \quad T_1 = T_T \times \frac{1}{\sqrt[4]{4}} = \frac{T_T}{\sqrt{2}} = 180 \text{ K}$$

$$\text{⑨ loi de Wien } d_1 T_1 \approx 2898 \text{ } \mu\text{m} \cdot \text{K}$$

$$d_1 = 16 \text{ } \mu\text{m}$$

10) Cas d'une surface plane

$$\Sigma(\theta) = \Sigma' \cos \theta = \pi r^2 \sin \theta \quad (4)$$



$$P'_0 = \iint_{\Sigma'} \Sigma(\theta) d^2 r'$$

$$P'_0 = L_T \iint \pi r^2 \sin \theta \sin \theta d\theta d\varphi$$

$$P'_0 = \pi r^2 L_T \int_0^\alpha \sin^2 \theta d\theta = L_T 2\pi r^2 \left[\frac{1}{2} \sin^2 \theta \right]_0^\alpha$$

$$P'_0 = L_T \pi r^2 \sin^2 \alpha = L_T 4\pi r^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cos^2 \frac{\alpha}{2}$$

$$P_0 = 4\pi r^2 L_T \sin^2 \frac{\alpha}{2} \quad \left(\frac{P'_0}{P_0} = \cos^2 \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right) \quad \alpha = 60^\circ$$

$$\frac{P'_0}{P_0} = \cos^2(30^\circ) = \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 = \frac{3}{4}$$

surface d'émission $2\pi r^2$ (2 faces)
 \Rightarrow temp d'équil fluid et borie πr^2 (1 face)

⑤

II Influence du rayt solaire

① rayt solaire direct + rayt tellurique

$$C_0 \Sigma' = C_0 \pi \alpha^2$$

$$+ P_0 = \pi \alpha^2 L_T \Omega'$$

absorbé

$$\frac{4\pi \alpha^2 M_2}{\text{émis}}$$

$$\frac{C_0 + M_T}{4}$$

$$C_0 + L_T \Omega' = 4 M_2 \quad \alpha' \approx \alpha \Rightarrow M_2 \approx$$

$$M_2 \approx 401 \text{ W m}^{-2} \quad M_T = \frac{1-A}{4} C_0$$

$$M_2 = M_T \left(\frac{1}{4} + \frac{4}{1-A} \right) = M_T \left(\frac{5-A}{4(1-A)} \right)$$

$$T_2 = T_T \sqrt[4]{\frac{5-A}{4(1-A)}} \approx 1,158 T_T \approx 290 \text{ K}$$

équilibre

avec solaire direct + tellurique

⑧

Transition de T_1 à T_2

② juste après $\pi r^2 C_0 + \pi r^2 L_T \Omega' = \underbrace{4\pi r^2 M_B(T_1)}_{\text{émission}} + MC \frac{dT}{dt}$ décharge

juste avant $\pi r^2 L_T \Omega' = 4\pi r^2 M_B(T_1)$

$$\pi r^2 C_0 = MC \frac{dT}{dt} \text{ (juste après)}$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{\pi r^2 C_0}{MC} = \frac{\pi 1370 \text{ W}}{10^5 \text{ J K}^{-1}} = 4,310^{-2} \text{ K s}^{-1} \approx 2,6 \text{ K / minute}$$

③ Traitement de surface

⑦

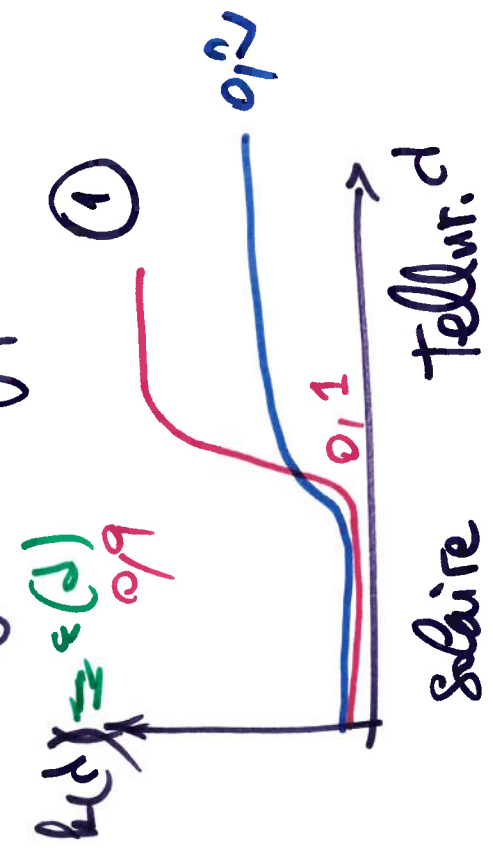
loi de Kirchhoff

$$|\epsilon(d, \theta, \varphi)| = |\kappa(d, \theta, \varphi)|$$

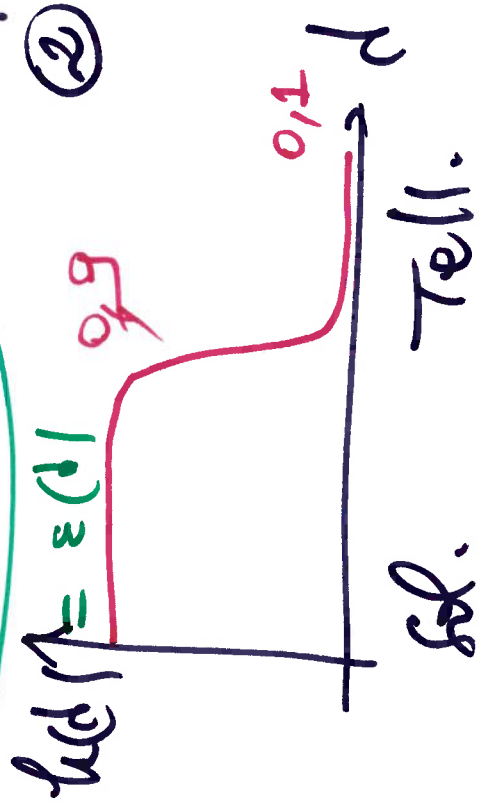
directionnel spectral

+ surface diffuse

$$\epsilon(d) = \kappa(d) \text{ hémisphérique}$$



sol
absorption / solaire
tellurique



sol.
Tell.
coniz
P₀
diffusion : tellurique

atténuer la transmission : clair ①

T₁ modifiée ?

NON même si R_{1R} ≠ 1

LiDAR

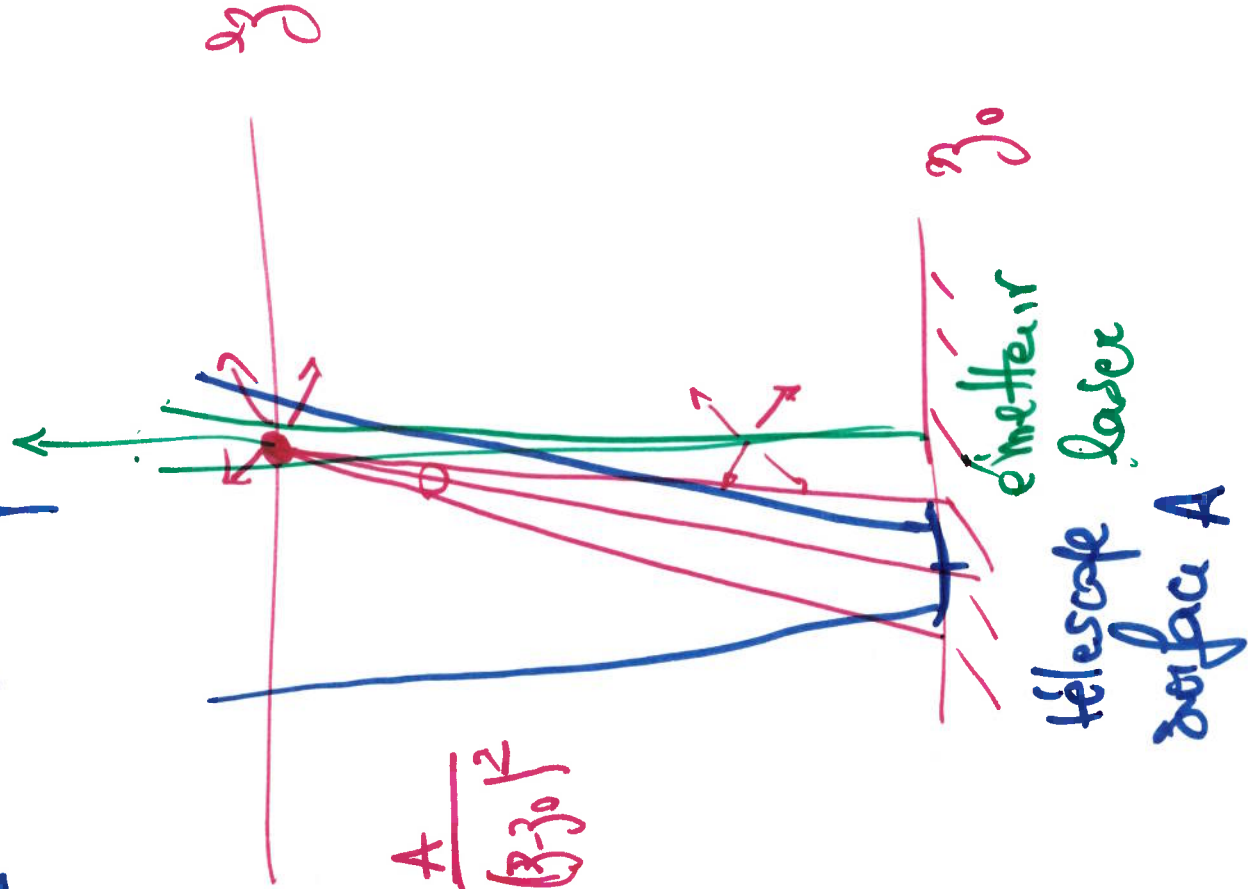
Principe

①

distance à la verticale

$$d = z - z_0$$

$$\Omega = \frac{A}{d^2} = \frac{A}{(z - z_0)^2}$$



lidar à impulsions → résolution en distance (2)

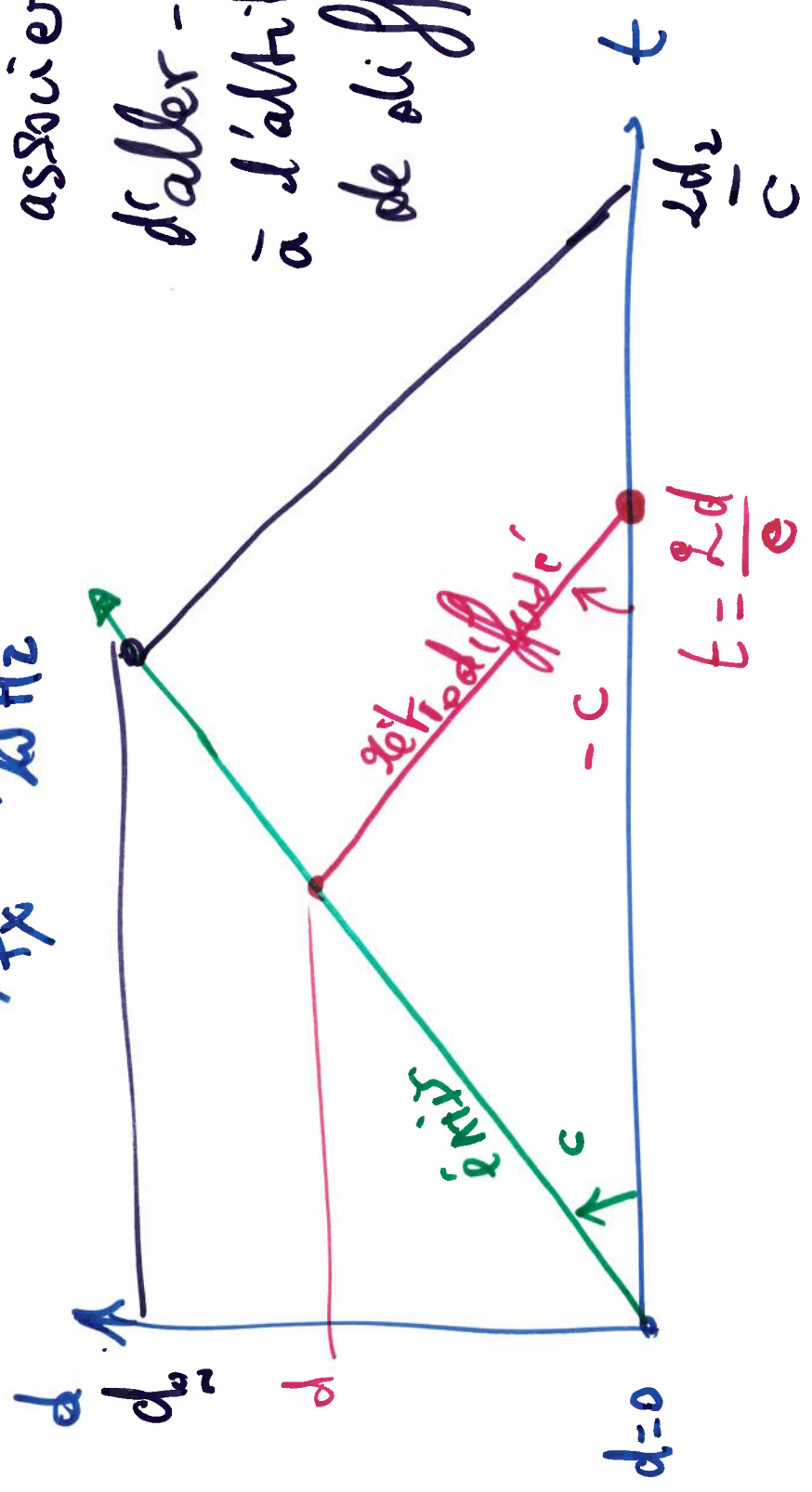
$P_e(t)$ pulses émise

impulsion laser



associer le t_0
d'aller - retour
à l'altitude
de diffusion

$$d = \frac{c}{2} t$$



Equation du laser

$\frac{P_e}{\Delta t_e}$ — énergie émise

$P_e = \frac{P_e}{\Delta t_e}$ — durée impulsion laser

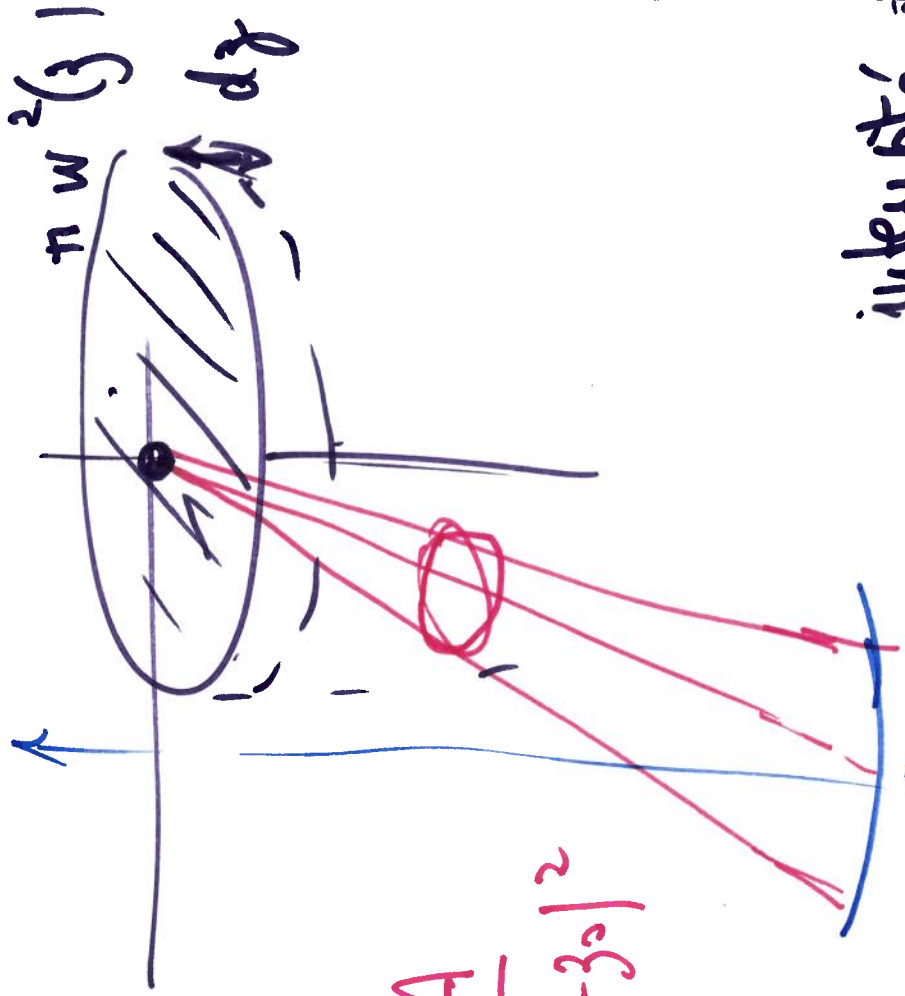
$\frac{P_e}{\pi W(z)^2}$ = éclairément $W(z)$ = rayon du faisceau laser

atténuation $\propto \alpha(z, d)$ coeff d'extinction m^{-1}

$$T(z_0 \rightarrow z, d) = \exp[-\alpha(z, d)]$$
$$\underline{\underline{d'aller}} \quad \alpha(z, d) = \int_{z_0}^z \alpha(z', d) dz'$$

éclairément atténué $\frac{P_e}{\pi W^2(z)}$, $T(z, d)$
d'aller

④



$$\Omega = \frac{A}{(z - z_0)^2}$$

$$\frac{\partial^2 \sigma}{\partial z^2}(\theta = \pi) = \text{section}$$

of différ.

de rétrodiffusion

$$\frac{\partial^2 \sigma}{\partial z^2}(\theta = \pi) = \frac{I_{\text{rétro}} \text{ par 1 vol.}}{\text{Eclaircissement}}$$

intensité diffusée par le volume

$$A_2 \pi w^2(z) \times dz = dV$$

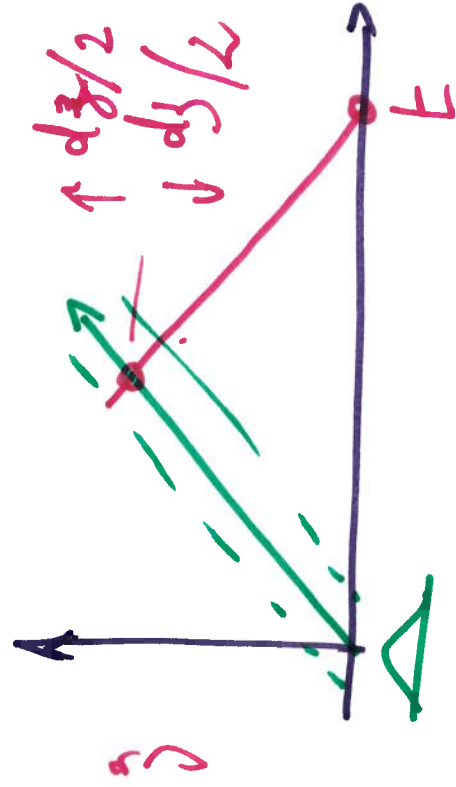
$n(z) =$ nb de diffuseurs / unité vol

⑤ Intériorité n'introduit que le volume de la tige de la diélectrique dans le faisceau laser

$$\frac{\partial^2}{\partial z^2} (n) n(z) = dz \pi w^2(z) \times \frac{P_e}{\pi w^2(z)} \times T_{aller}(z, d)$$

Trajet retour \times T retour = T aller.

Angle solide de réception $\Omega = \frac{A}{(z - z_0)^2}$



(9)

$$S(\vec{z}, d) = R \frac{A}{(\vec{z} - \vec{z}_0)^2} \exp[-2\pi(\vec{z}, d)]$$

$$R(\vec{z}, d) = \sum_{\vec{r}_i} n(\vec{z}) \frac{\partial \sigma_i^2(\vec{r}_i)}{\partial \vec{r}_i} \times \mu \sigma \vec{r}_i \cdot \vec{1} = \mu^{-1} \sigma \vec{r}_i - \vec{1}$$

$$\alpha(\vec{z}, d) = \underbrace{\sum_{\vec{r}_i} n(\vec{z}) \sigma_{i, \text{tot}}}_{\text{diffusion}} + \sum_j \mu_j(\vec{z}) \nabla_{\text{abs}}^j(d)$$

Applications

- Rayleigh \rightarrow N_s majoritaires
 \hookrightarrow température
- Aerosols et wages

$$R(z, \lambda) = \frac{\text{scattering de diffusion}}{\text{Ray}(z, \lambda)} = \frac{\beta(\epsilon, \lambda)}{\beta_{\text{Ray}}(z, \lambda)}$$

$$\geq 1 \quad \text{ou l'absence de particules}$$

- Absorption par minoitaires (O_3)
écrire le terme de diffusion \Rightarrow lidar différentiel
 \bar{u} à d / d_1 absorbé / d_2 non absorbé

Dynamique du signal reçu

- Géométrie $\sim \frac{1}{d^2}$
- introduction $\sim h(z) \sim \exp(-z/H)$
- Atténuation $\sim \exp[-2\pi\sigma(z)]$