

QUESTIONS DE COURS

1. Rappeler l'équation de transport sans force extérieure dans le cas général (sans détailler les sources). Commenter brièvement chacun des termes et rappeler les conditions de validité.
2. Comment prend-on en compte la présence d'une force extérieure ?
3. On considère un ensemble de billes identiques qui sont initialement distribuées aléatoirement dans l'atmosphère et dans l'espace des vitesses (distribution initiale arbitraire dans l'espace des phases). On admet que les billes n'interagissent pas entre elles et que la force de frottement exercée par l'air sur chaque bille est telle que son module est proportionnel à la vitesse de la bille. Est-il possible de proposer une équation de transport correspondant à la chute de ces billes dans l'atmosphère ?

PROBLEME

On étudie une atmosphère planétaire d'épaisseur H que l'on peut modéliser sous l'hypothèse plan-parallèle. On raisonne en monochromatique et à la fréquence considérée l'atmosphère est supposée non diffusante. On admet que l'espace est assimilable à un corps noir à $0K$ et que le sol est assimilable à une surface noire de température T_s . On note respectivement $T(z)$ et $k_a(z)$ la température et le coefficient d'absorption à l'altitude z .

PARTIE A

1. Donner une expression intégrale de la luminance dans une direction sortant de l'atmosphère au niveau du sol et au sommet.
2. Que devient cette luminance dans le cas d'une atmosphère isotherme ($T(z) = T_a$) et uniforme ($k_a(z) \equiv k_a$ indépendant de z) ? Commenter les limites optiquement mince et optiquement épaisse. Montrer que dans le cas $T_a = T_s$ la luminance sortant au sommet de l'atmosphère est indépendante de k_a et retrouver cette propriété par un raisonnement simple (ce résultat reste-t'il valable si k_a dépend de l'altitude ?).

PARTIE B

Dans cette partie et dans la suivante l'atmosphère est uniforme ($k_a(z) \equiv k_a$ indépendant de z) et est virtuellement divisée en N couches de même épaisseur e . Dans un premier temps, chaque couche est supposée isotherme. On numérote les couches de 1 à N en partant du bas et on note T_i la température de la i -ième couche.

1. Donner une expression intégrale de la puissance radiative émise par la couche i (photons émis au sein de la couche i qui sortent de la couche).
2. Exprimer la fraction de cette puissance qui atteint le sol.
3. Exprimer la fraction de cette puissance qui est absorbée par la couche j dans le cas $j > i$.
4. On définit $\psi(A, B)$, la puissance nette échangée entre deux éléments géométriques A et B , comme la puissance émise par B et absorbée par A moins la puissance émise par A et absorbée par B . Exprimer sous forme intégrale la puissance nette échangée entre la couche i et le sol ainsi que la puissance nette échangée entre la couche i et la couche $j > i$.
5. Tracer qualitativement et commenter l'évolution en fonction de k_a de
 - la puissance nette échangée entre la couche 1 et le sol,
 - la puissance nette échangée entre la couche $i > 1$ et le sol,
 - la puissance nette échangée entre la couche i et la couche $i + 1$,
 - la puissance nette échangée entre la couche i et une couche $j > i + 1$.

PARTIE C

Dans cette partie on étudie la validité de l'hypothèse selon laquelle chaque couche i est supposée isotherme à T_i .

1. Quand k_a augmente, où se font les émissions qui contribuent à la puissance nette échangée entre la couche i et la couche $i + 1$? Pourquoi l'hypothèse de couches isothermes est-elle discutable ?
2. Montrer que si le gaz atmosphérique est approximé comme un milieu gris, sous l'hypothèse de couches isothermes, dans la limite optiquement épaisse, la puissance nette échangée entre la couche i et la couche $i + 1$ tend vers $\psi(i, i + 1) = \sigma T_{i+1}^4 - \sigma T_i^4$.
3. Lorsque l'on n'utilise pas l'hypothèse de couches isothermes, toujours dans la limite optiquement épaisse, la puissance nette échangée entre la couche i et la couche $i + 1$ est souvent estimée comme $\psi(i, i + 1) = \sigma T(z^+)^4 - \sigma T(z^-)^4$ où z^+ et z^- sont deux altitudes de part et d'autre de l'interface entre les deux couches. A votre avis, à quoi correspondent ces deux altitudes et comment relie-t'on cette PNE au gradient de température à l'interface ? Relier ce résultat à la théorie de la diffusion.