

Examen Transferts Radiatifs

November 21, 2005

1 Etude spectroscopique

On étudie expérimentalement les propriétés spectrales d'un gaz G à l'aide d'un spectromètre infrarouge. Le gaz est mélangé à de l'azote et est placé dans une cuve de longueur $l = 10\text{cm}$. Les mélanges étudiés sont isothermes à 1000K et à pression atmosphérique. La fraction volumique du gaz G est notée f_G , celle de l'azote f_{N_2} ($f_G + f_{N_2} = 1$). La cuve est éclairée par une luminance incidente L_i indépendante de la fréquence. On note $L_{\Delta\nu,i}$ la luminance incidente intégrée sur une bande étroite de largeur $\Delta\nu$, soit $L_{\Delta\nu,i} = \Delta\nu L_i$.

Le spectromètre permet de mesurer la luminance transmise par la cuve, intégrée sur la bande étroite considérée, soit $L_{\Delta\nu,t} = \int_{\Delta\nu} L_{\nu,t} d\nu$ où $L_{\nu,t}$ est la luminance monochromatique transmise. On raisonnera à partir des hypothèses suivantes:

- Le rayonnement émis par la cuve est négligeable.
 - L'azote est transparent au rayonnement infrarouge.
 - La cuve remplie d'un mélange de fraction volumique f_G a les mêmes propriétés de transmission que si elle était de longueur $f_G l$ et remplie du seul gaz G à pression atmosphérique. Remarque: cela revient à supposer que la présence d'azote ne modifie pas la forme des raies et que par conséquent seule la quantité d'absorbant est significative.
 - Sur la bande étudiée, le gaz G à pression atmosphérique est caractérisé par un spectre compatible avec le modèle statistique à bande étroite de Malkmus. On note k le coefficient d'absorption moyen et ϕ le paramètre de forme.
1. Montrer que pour les expériences à faible concentration de G, la luminance transmise est indépendante de la forme du spectre (indépendante de ϕ) et qu'elle ne dépend que de la luminance incidente, du coefficient d'absorption moyen et de fraction volumique de G. En déduire une estimation de \bar{k} sachant que pour $f_G = 0.001$ on mesure $L_{\Delta\nu,t}/L_{\Delta\nu,i} \approx 0.98$.

2. Montrer que lorsque le produit $\bar{k}f_g l$ tend vers l'infini, la luminance transmise peut s'écrire comme une fonction du produit $\bar{k}f_g l \phi$. En déduire une estimation de ϕ sachant que pour $f_g = 1$ on mesure $L_{\Delta\nu,t}/L_{\Delta\nu,i} \approx 0.15$.
3. Commenter ces deux comportements limites.

2 Etude d'une enceinte isotherme (7 points)

Dans cette partie, on étudie une enceinte monodimensionnelle constituée de deux plaques noires isothermes, enfermant une couche de gaz d'épaisseur $e = 0.1m$ isotherme. La première paroi est à la température $T_{p,1} = 500K$, la seconde à $T_{p,2} = 1500K$ et le gaz est à $T_g = 1000K$. Le gaz utilisé est celui étudié dans la partie précédente avec $f_g = 1$ (gaz G pur). Remarque: si vous n'avez pas traité la partie précédente, vous pouvez prendre $\bar{k} = 200m^{-1}$ et $\phi = 0.1$ comme paramètres pour le modèle de malkmus.

On définit un axe Ox de normale \vec{n} perpendiculaire aux plaques. Les abscisses des deux plaques seront notées $x_1 = 0$ et $x_2 = e$. Pour simplifier les calculs d'intégration angulaire, on supposera qu'un seul rayon de direction \vec{u}_0 est représentatif de l'ensemble de l'intégration sur un hémisphère, ce qui revient à supposer que pour toute fonction réelle F :

$$\int_{2\pi} \frac{\vec{u} \cdot \vec{n}}{\pi} F\left(\frac{1}{\vec{u} \cdot \vec{n}}\right) d\omega(\vec{u}) \approx F\left(\frac{1}{\vec{u}_0 \cdot \vec{n}}\right)$$

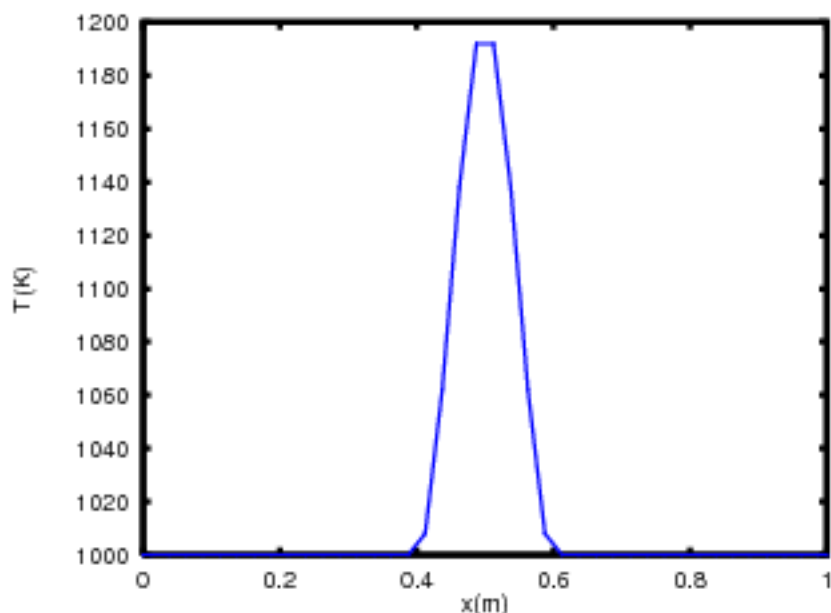
On admet que ce rayon représentatif vérifie $\frac{1}{\vec{u}_0 \cdot \vec{n}} = 1.66$.

Les bilans de puissance radiative sont calculés sur la bande étroite définie précédemment.

1. Que seraient les bilans de puissance radiative des parois et de l'ensemble du volume de gaz si le milieu étudié pouvait être supposé gris, avec $k = \bar{k}$ comme coefficient d'absorption? Sous cette hypothèse, tracer rapidement le flux radiatif et le bilan volumique de puissance en fonction de x . Commenter ces deux profils.
2. Reprendre la question précédente avec les véritables propriétés spectrales du milieu. Commenter précisément les différences avec les résultats de la question précédente.

3 Analyse de résultats: enceinte non-isotherme

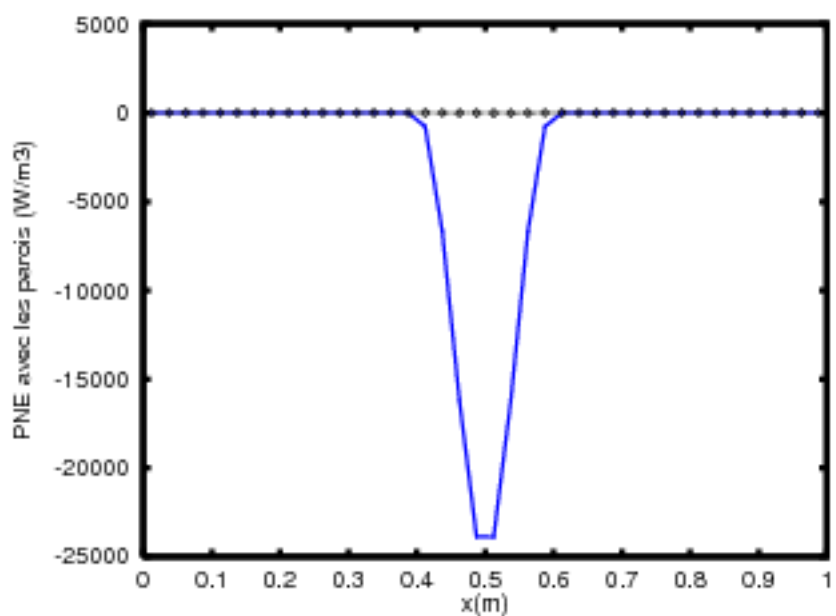
Dans cette partie on considère une enceinte monodimensionnelle comparable à la précédente, la distance entre parois étant maintenant $l = 1m$. Les parois de l'enceinte sont noires et isothermes à $T_{p,1} = T_{p,2} = 1000K$. Le gaz dans l'enceinte n'est plus isotherme: sa température est de 1000K à proximité des parois et s'élève à près de 1200K au centre de l'enceinte (voir la figure suivante).



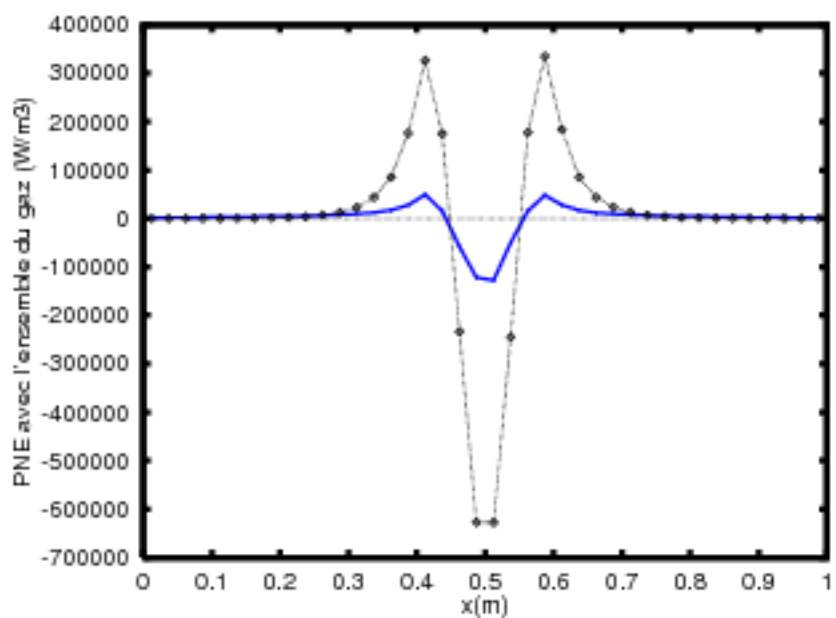
Les figures suivantes indiquent des puissances radiatives volumiques, intégrées sur l'ensemble du spectre, calculées numériquement avec la méthode de Monte Carlo.

- Les résultats présentés en traits discontinus sont obtenus en supposant le milieu gris avec un coefficient d'absorption de l'ordre de $20m^{-1}$.
- Les résultats présentés en traits continus tiennent compte du spectre de raies du gaz considéré. On peut supposer pour raisonner qu'en moyenne, sur chaque bande étroite, ses propriétés spectrales correspondent au modèle statistique à bande étroite de Malkmus avec un coefficient d'absorption moyen $\bar{k} \approx 20m^{-1}$ et un paramètre de forme $\phi = 0.01$.

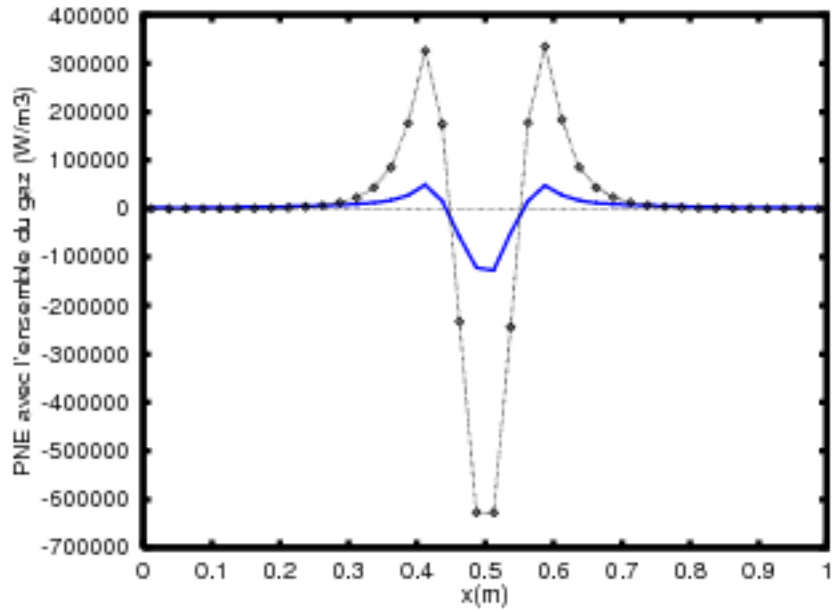
Puissances Nettes Echangées avec les parois:



Puissances Nettes Echangées avec l'ensemble du volume de gaz:



Puissance radiative volumique totale:



1. Commenter l'allure générale de ces différents profils de puissances volumiques.
2. Proposer une interprétation des différences entre "hypothèse de milieu gris" (traits discontinus) et "prise en compte du spectre" (traits continus).