

POPULATION DE NIVEAUX FORTEMENT EXCITÉS

HOANG BINH DY et R. MCCARROLL
(Observatoire de Paris, France)

Depuis peu, on témoigne un grand intérêt aux régions nébulaires, suscité par la découverte des raies d'émission de radiofréquence dues aux transitions entre niveaux atomiques fortement excités. Etant donné que la fréquence ν de ces raies est telle que $h\nu/kT \ll 1$, il est évident qu'il faut tenir compte de l'émission stimulée. Mais, comme a remarqué Goldberg (1966), ceci s'avère difficile en raison de la grande sensibilité de l'émission stimulée aux écarts à l'équilibre thermodynamique. Par exemple, considérons le facteur de correction pour l'émission stimulée

$$1 - \frac{b_n}{b_{n'}} \exp(-h\nu/kT), \quad (1)$$

où b_n est l'écart à l'équilibre thermodynamique du niveau n , ν est la fréquence de la raie émise par la transition $n \rightarrow n'$. Dans les conditions typiques d'une région nébulaire, l'hypothèse que l'on puisse remplacer $b_n/b_{n'}$ par l'unité est loin d'être justifiée. Il nous a donc semblé intéressant d'étudier la variation de la quantité db_n/dn avec la densité et avec n .

Suivant Seaton (1964), nous considérons les processus, qui peuplent et dépeuplent le niveau n . Faisant l'hypothèse que b_n varie uniformément avec n , on aboutit facilement à l'équation pour b_n

$$\frac{d^2 b_n}{dt^2} + f(n) \frac{db_n}{dt} + g(n) b_n + k(n) = 0, \quad (2)$$

où $t = R_\infty/n^2$ et R_∞ est la constante de Rydberg. Les fonctions f , g , k dépendent essentiellement des taux de réactions des processus de peuplement. Nous avons pris les mêmes taux radiatifs que Seaton; quant aux taux collisionnels, nous avons utilisé d'une part ceux proposés par Seaton et d'autre part ceux obtenus par la méthode de Gryzinski (1959).

L'Équation (2) est sujet aux conditions suivantes

(i) $b_n = 1$ pour $t = 0$;

(ii) b_n tend vers la solution radiative lorsque n devient petit – de l'ordre de 40.

Nous avons résolu l'Équation (2) en prenant une température électronique de 10^4 °K, pour une gamme de densités allant de 10 jusqu'à 10^4 cm⁻³. Les résultats montrent en particulier que db_n/dn est très sensible à la densité électronique, ce qui suggère que l'on puisse utiliser les valeurs de db_n/dn à déterminer la densité électronique des ré-

Osterbrock and O'Dell (eds.), Planetary Nebulae, 153–154. © I.A.U.

gions nébulaires. Les valeurs calculées d'une part avec les sections proposées par Seaton et d'autre part avec les sections de Gryzinski, sont assez voisines.

Les détails de ces travaux seront publiés ailleurs.

Bibliographie

- Goldberg, L. (1966) *Astrophys. J.*, **144**, 1225.
 Gryzinski, M. (1959) *Phys. Rev.*, **115**, 374.
 Seaton, M.J. (1964) *Mon. Not. R. astr. Soc.*, **127**, 177.

DISCUSSION

Osterbrock: I should like to describe briefly the theoretical work of Dyson on the populations of the highly excited levels of hydrogen. In solving for the level populations, he took account of collisional transitions of the type $\Delta n = \pm 1$ only, and in addition took into account absorptions and induced emissions of the type $\Delta n = \pm 1$. The bulk of the radiation is due to the free-free continuum, so the results depend on electron density, temperature, and emission measure. For small radiation fields, as in H II regions, collisional effects dominate, and Dyson's results are in close agreement with the recently published work of Hoang Binh Dy and McCarroll. At high radiation fields, as in bright planetaries, the effect of the radiative transitions is to decrease the differences in population between adjacent levels, and therefore to weaken the radio-frequency emission lines, or put another way, to decrease the temperature computed from the observed strength of a line below the temperature that would be computed neglecting radiative transitions. As a specific example, at $N_e = 10^4 \text{ cm}^{-3}$, and for the 109α line, T_L is decreased by about 15% for emission measure $10^7 \text{ parsec cm}^{-6}$, and by about a factor 5 for emission measure $10^8 \text{ parsec cm}^{-6}$. The results cannot be considered numerically accurate, because all collisional and radiative transitions have not been included, but they indicate schematically the effects expected in planetaries.

Seaton: I think that it may be necessary to take additional collision processes into account in calculating populations of highly excited states.