

Les prix Nobel de physique 1983

Chandrasekhar et Fowler

par P. Ledoux,

Professeur à l'Université de Liège

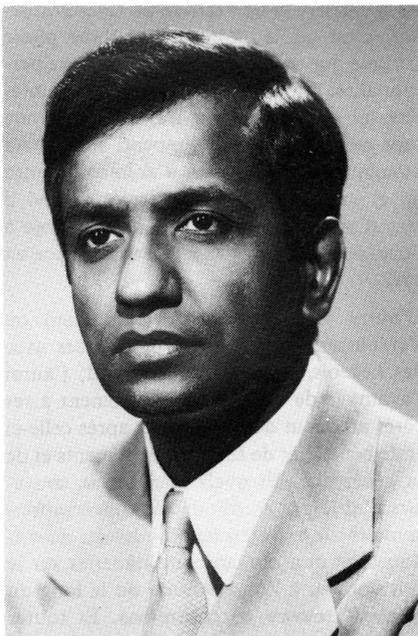
L'attribution du prix Nobel de physique pour 1983 à *Subrahmanyan B.A. Chandrasekhar* et à *William A. Fowler*, pour des recherches en grande partie théoriques dans le domaine de l'astrophysique, témoigne du souci du Jury d'entendre « physique » dans son sens le plus large. Assisterons-nous à d'autres extensions de ce genre, par exemple en chimie, à propos de la formation et de la signification des molécules organiques complexes détectées dans la matière interstellaire ?

Bien sûr, ce n'est pas la toute première fois que le Nobel couronne des découvertes cosmiques ou des travaux qui ont trouvé en astrophysique leurs premières applications. Le cas de *Bethe* en est un des premiers exemples encore que le prix 1967 récompensait peut-être plus l'aspect physique nucléaire que l'aspect physique stellaire. Et ce sont des méthodes expérimentales et des techniques de détection fort élaborées qui ont conduit *Ryle* et *Hewish* (prix 1974) respectivement à la découverte des quasars et des pulsars, *Penzias* et *Wilson* (prix 1978) à celle de la radiation de fond à 3°K et quant à la magnétohydrodynamique d'*Alfvén* (prix 1970), elle s'est révélée capitale pour des expériences terrestres comme la fusion contrôlée.

Quoi qu'il en soit, la nouvelle a certainement réjoui le cœur de bien des astrophysiciens de par le monde et, en particulier, à l'Institut d'Astrophysique de l'Université de Liège dont les deux lauréats, d'ailleurs tous deux *docteurs honoris causa* de cette université, sont des amis fidèles.

* * *

Né à Lahore le 19 octobre 1910, *Chandrasekhar* brûle les étapes de formation et lorsqu'il obtient son diplôme de « Bachelior » en 1930 au Presidency College de Madras, il est déjà familier, grâce aux leçons de *Sommerfeld* en visite aux Indes en 1928, avec la statistique quantique de Fermi-Dirac de 1926. Celle-ci prévoit que, dans un milieu condensé (distance moyenne entre particules du même ordre ou plus



Chandrasekhar.

[Cliché appartenant à P. Ledoux.]

petite que la longueur d'onde de de Broglie associée

$$n^{-1/3} \leq h/\sqrt{3mkT},$$

le principe d'exclusion de Pauli force des particules antisymétriques, comme les électrons ou les protons et les neutrons, à prendre même à des températures T très basses, des énergies E , dites de Fermi, considérables impliquant aussi des valeurs élevées des impulsions p . Ainsi, la pression P , due à ces particules et qui est liée à leurs impulsions, peut devenir très importante indépendamment de la température contrairement au cas classique où $P = nkT$.

D'après la condition ci-dessus, la « dégénérescence » affectera d'abord les particules de masse m les plus faibles, c'est-à-dire, dans l'intérieur des étoiles, les électrons libres très nombreux par suite de l'ionisation presque complète qui y règne. L'équa-

tion d'état qui relie la pression aux autres variables thermodynamiques dépend de la relation exacte entre E et p . Celle-ci garde la forme usuelle $E = p^2/2m$ aussi longtemps que les vitesses des particules restent petites vis-à-vis de la vitesse de la lumière c si bien que les corrections relativistes restent négligeables. Dans ce cas, l'équation d'état, en première approximation, se réduit à

$$P_e \propto n_e^{5/3} \propto \rho^{5/3}$$

où n_e est le nombre d'électrons par cm^3 et ρ la masse spécifique, la température T n'intervenant que dans des termes correctifs petits.

Dès sa découverte en 1926, avant même que l'on ne songe à appliquer cette statistique aux métaux, *Ralph Howard Fowler* à Cambridge comprit tout son intérêt pour l'explication des naines blanches dont la mieux connue, à l'époque, le compagnon de Sirius, révélait des densités internes énormes de l'ordre de la tonne par cm^3 . Ceci impliquait bien la dégénérescence des électrons et comme *Fowler* le montra, la pression « quantique » donnée par l'équation d'état ci-dessus permet alors d'équilibrer les attractions gravifiques énormes à ces hautes densités. C'est à l'étude détaillée de ces nouveaux états d'équilibre que *Chandrasekhar* s'attaque avec un enthousiasme juvénile. Il utilise les propriétés des polytropes ($P = K\rho^\gamma$) pour préciser les modèles et confirme les conclusions de *Fowler* à savoir qu'une fois atteint l'état où la pression des électrons dégénérés domine, l'étoile peut évoluer tranquillement en se refroidissant à un rayon et densité pratiquement constants vers le zéro absolu pour devenir un astre mort et inobservable mis à part les effets éventuels de son attraction gravifique.

Mais très tôt, *Chandrasekhar* pressent qu'aux plus hautes densités, sous la contrainte du principe de Pauli, les impulsions et partant les vitesses doivent atteindre de si grandes valeurs que les corrections de relativité restreinte négligées par *R.H. Fowler* peuvent devenir importantes conduisant à la relation relativiste $E = p.c$. Ceci modifie l'équation d'état qui devient

$$P_{eR} \propto \rho^{4/3}$$