

ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ. — **Sur une proposition de JEANS concernant l'évolution de l'Univers.** Par M. Nicolas Perrakis. Ἀνεκοινώθη ὑπὸ κ. Δ. Αἰγινήτου.

Depuis l'introduction en Thermodynamique du postulat de Clausius, on s'est quelquefois inquiété de savoir ce qu'il advenait de l'entropie de l'Univers. L'opinion la plus récente sur la question, primitivement exprimée par Jeans¹ et reprise ensuite par Zwicky² et d'autres, peut être ainsi formulée: «*L'Univers subirait une transformation irréversible et non-renversible (unidirectional) et son entropie croîtrait continuellement*».

Dans ce qui va suivre, je me propose de montrer que la signification physique de cette proposition dépend essentiellement de la définition de l'entropie que l'on choisit.

Considérons un système isolé thermiquement, il n'est pas nécessaire que le système soit mécaniquement isolé, et passant de façon irréversible d'un état d'équilibre A à un autre état d'équilibre B; on admet, avec Clausius, que l'entropie d'un tel système croît. En désignant par S_A et S_B les valeurs de l'entropie du système considéré respectivement aux états A et B nous écrivons les inégalités bien connues:

$$0 < S_B - S_A; S_B > S_A$$

Si maintenant nous représentons dans le plan (p,v) les états d'équilibre possibles de ce système par un réseau de lignes isentropiques³, 1, 2, 3, . . . , p, . . . , n-1, n, telle que l'on ait $S_1 < S_2 < S_3 < \dots < S_p < \dots < S_{n-1}$, toute transformation irréversible de notre système, depuis l'état d'équilibre A, correspondant à une isentropique donnée, l'isentropique S_p par exemple, jusqu'à l'état d'équilibre B sera dirigée de telle façon que B soit à droite de A, par exemple sur l'isentropique S_{p+1} . Jamais ce système ne pourra, par une transformation adiabatique quelconque, passer de l'état d'équilibre A à l'état d'équilibre B', placé à gauche de l'isentropique S_p , par exemple sur l'isentropique S_{p-1} . Comme on le voit, le postulat de Clausius nous renseigne bien sur la valeur de l'entropie d'un système à ses états initial et

¹ JEANS, *Nature*, Avril 28, 1928.

² ZWICKY, *Proc. of the Nat. Acad. of Sciences of U. S. A.*, July 1928.

³ Une ligne isentropique est adiabatique et réversible; le long d'une isentropique on a $dS=0$.

final, lesquels sont des états d'équilibre, mais par contre, il ne *peut rien nous apprendre* sur l'entropie d'un système *en état de transformation* (comme l'Univers).

Par suite, dire que l'entropie de l'Univers (lequel, bien entendu, est supposé isolé thermiquement et se transformant irréversiblement) *croît continuellement*, cela n'a aucune signification dans le langage thermodynamique, puisqu'on ne peut, avec Clausius, parler d'entropie que lorsqu'on a affaire à des états d'équilibre.

Tout ce qu'on peut dire, si l'on veut rester dans les cadres de la Thermodynamique *classique*, se réduit à ceci: en supposant qu'il soit parti d'un état d'équilibre caractérisé par une quantité d'entropie donnée, l'Univers plus haut défini tendra, à la fin de son évolution, vers un autre état d'équilibre correspondant à une plus grande quantité d'entropie. En d'autres termes, l'Univers aura plus d'entropie à la fin de sa vie qu'au début, alors que *pendant il n'en aura point*, puisque, suivant Clausius, la notion d'entropie ne saurait se concevoir en dehors d'un état d'équilibre. Peut-être en Thermodynamique statistique, où l'on admet que l'entropie S est une fonction croissante de la probabilité W ($S = k \log W$), la proposition de Jeans-Zwicky trouverait-elle une signification plus ou moins nettement déterminée. En dehors de celle-ci on ne peut guère dire qu'elle en ait.

Du reste, même en Thermodynamique statistique on ne voit pas très bien comment l'entropie croît au cours de l'évolution spontanée d'un système, car ce qu'on désigne sous le nom de théorème H (théorème de Boltzmann) ne se démontre pas sans soulever des difficultés très graves, difficultés que seule la nouvelle mécanique quantique permettait de surmonter (Pauli).

En résumé, dépourvue de sens thermodynamique¹ la formule de Jeans pourrait trouver une signification physique bien déterminée dans les cadres de la thermodynamique statistique et surtout dans ceux de la nouvelle mécanique quantique.

¹ En disant thermodynamique, j'entends la thermodynamique classique (celle de Carnot-Clausius).