



(4)

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE.

(Extrait des Bulletins, 3^{me} série, tome IX, n^o 2; 1888.)

CLASSE DES SCIENCES.

Recherches expérimentales et analytiques sur les lois de l'écoulement et du choc des gaz en fonction de la température; par M. Hirn, associé de l'Académie.

Rapport de M. Folie, premier commissaire.

« Dans un nouveau mémoire très important qui fait suite à celui que M. Hirn a présenté à l'Académie en 1881 (1), notre éminent confrère démontre expérimentalement que la force vive d'un courant de gaz, lancé contre une plaque, est indépendante de la température du gaz, résultat entièrement conforme à celui des expériences précédentes, et plus précis même, pensons-nous.

On ne saurait trop louer le zèle infatigable et les soins scrupuleux que M. Hirn a mis dans ce travail.

Après une longue série d'essais, relatée dans la sixième partie du mémoire, et qui ne l'avait pas conduit à des résultats suffisamment concordants, il a eu le courage de reprendre toutes ses expériences à l'aide d'un nouvel appareil, dans lequel il a cherché à éviter toutes les causes d'erreur qui avaient pu exister dans son mode précédent d'expérimentation.

(1) Voir le tome XLIII des Mémoires in-4^o.



Nous ne pouvons analyser ici, ni les expériences nombreuses faites par le savant physicien sur l'écoulement des gaz sans charge constante à diverses températures (air sec et humide, acide carbonique, hydrogène), expériences dont les résultats ont été trouvés par lui conformes aux lois théoriques de l'écoulement des gaz; ni même celles plus nombreuses encore qu'il a faites sur le choc d'une veine gazeuse contre un plan, et qui l'ont conduit toutes, comme nous l'avons dit, à cette conclusion que la pression exercée par le gaz est égale au produit de la section effective de la veine par le double de la hauteur de fluide à laquelle est due la vitesse, et qu'elle est absolument indépendante de la température de la source fluide.

Nous admettons que cette conclusion est parfaitement vérifiée par les nouvelles séries d'expériences relatées dans le mémoire de notre associé.

Mais admettrons-nous de même les conséquences qu'il en déduit quant à la validité de la théorie cinétique des gaz?

On sait la noble passion qui anime M. Hirn dans les efforts ardents qu'il fait, depuis bien des années, pour arriver à renverser cette théorie, récemment édifiée, grâce surtout aux travaux de Clausius et de Maxwell.

Notre confrère craint de voir, en effet, dans le triomphe de cette théorie, une confirmation des doctrines matérialistes.

Nous avons déjà dit, dans un rapport antérieur, que nous ne partageons nullement ces craintes; et nous nous proposons de faire voir, dans celui-ci, qu'à notre sens les résultats obtenus par M. Hirn ne sont nullement en contradiction avec ceux de la théorie cinétique des gaz.

En lisant le mémoire actuel du savant alsacien, un doute a surgi immédiatement dans notre esprit, et avec une si grande force que nous nous sommes étonné de ne l'avoir pas eu précédemment.

Il est vrai de dire que, dans la théorie du mouvement d'un disque dans l'air, le point faible, si nous pouvons nous permettre cette expression, est plus difficile à saisir que dans celle du mouvement de l'air contre un disque.

Notre éminent confrère vaudra donc bien nous excuser de ne pas le lui avoir signalé plus tôt. C'est, du reste, tout bénéfique pour la science, qu'il se soit décidé à confirmer ses premiers résultats par de nouvelles expériences.

Nous reproduisons ci-dessous la démonstration de M. Hirn, en soulignant le passage qui nous a particulièrement frappé.

Un courant de gaz est lancé avec une vitesse v , par un ajutage, contre une plaque. Les particules gazeuses, dans la théorie cinétique, se meuvent dans toutes les directions possibles. On les décompose en deux groupes, dont les uns se meuvent parallèlement, les autres normalement à la plaque. « En s'échappant de l'orifice, dit M. Hirn, les » particules du premier groupe continueront à avancer » parallèlement au plan avec la vitesse u , et normalement » au plan avec la vitesse v . La percussion aura lieu avec » cette dernière vitesse seulement. *Les particules du » second groupe au contraire auront une vitesse ($u + v$) » normale au plan; de sorte qu'on » a pour les percussions normales, avec vitesse ($u + v$),*

$$\frac{1}{3} \mu n,$$

» n étant le nombre total des molécules et μ leur masse;
» et pour les percussions perpendiculaires à l'axe

$$(1 - \frac{1}{3}) \mu n = \frac{2}{3} \mu n.$$

(4)

- » Soit δ la densité ou le poids de l'unité de volume du gaz, la force vive représentée par le mouvement des atomes perpendiculairement au plan sera

$$\frac{1}{5} \frac{\delta}{g} (u + v)^2 + \frac{\delta}{g} \left(1 - \frac{1}{5}\right) v^2.$$

- » Comme nous devons ici admettre que la température est la même des deux côtés du plan frappé, il est clair que, sur la face opposée au plan, et dans une étendue m^2 égale à la section effective de l'orifice, la force vive des particules frappant le plan sera simplement

$$\frac{1}{5} \frac{\delta}{g} u^2.$$

- » La pression exercée sur le plan, ou le poids nécessaire pour faire équilibre au choc sera donc :

$$p = \frac{\delta m s}{g} \left[\frac{1}{5} (u + v)^2 - u^2 \right] \left(1 - \frac{1}{5}\right) v^2 = \frac{\delta m s}{6} \left[\frac{2}{5} uv + v^2 \right].$$

- » On voit que ce poids est une fonction de u , et par conséquent de la température absolue T , puisque cette vitesse a pour valeur (pour l'air en particulier)

$$u = 485^m \sqrt{\frac{T}{273}}.$$

Le fait qui nous a frappé dans cette démonstration, et qui a fait naître immédiatement dans notre esprit des doutes sur son exactitude est celui-ci : que le mouvement moléculaire du gaz n'y paraît considéré que comme un simple mouvement de translation, et non comme un mouvement vibratoire. Or, il n'en est pas ainsi, et la difficulté de la théorie cinétique des gaz consiste en effet

(5)

à tenir compte des chocs que les particules gazeuses éprouvent mutuellement dans ce mouvement vibratoire.

Aussi ne nous proposons-nous nullement de rechercher quelle serait la véritable théorie par laquelle devrait être, en toute rigueur, remplacée celle de M. Hirn, et nous bornerons-nous à lui signaler, sous une forme aussi simple que possible, c'est-à-dire en faisant abstraction, comme lui, des chocs des molécules entre elles, la nature de notre objection.

Dans ce but, nous supposons que la vitesse v de transport du gaz l'emporte sur la vitesse moyenne u de ses particules, vitesse qui correspond, comme on sait, à sa température.

Dans le mouvement vibratoire du gaz, nous devons admettre qu'il y a autant de particules qui se meuvent dans un sens que de celles qui se meuvent en sens contraire; sans quoi, l'égalité des pressions, exercées par un gaz sur les parois opposées du vase rectangulaire qui le renferme, serait inexplicable dans la théorie cinétique. La vitesse totale des premières particules sera $v + u$; celle des secondes, $v - u$; comme elles vont toutes choquer la plaque, leur force vive sera représentée, dans les notations de M. Hirn, par

$$\frac{1}{6} \frac{\delta}{g} \{ (v + u)^2 + (v - u)^2 \}.$$

Celle des particules qui vibrent parallèlement à la plaque est, du reste, $\frac{2}{5} \frac{\delta}{g} v^2$, et celle des particules de gaz situées de l'autre côté de la plaque $-\frac{1}{5} \frac{\delta}{g} u^2$, comme dans les expressions de notre confrère.

La somme des forces vives, qui était, pour lui $\frac{\delta}{g} \left\{ \frac{2}{5} uv + v^2 \right\}$, devient simplement, dans le cas dont nous nous occupons :

égale à $\frac{2}{g} v^2$, c'est-à-dire à la force vive de courant gazeux, quelle que soit sa température.

Ce qui précède répond également aux critiques formulées par M. Hirn contre les résultats de la théorie cinétique appliquée au mouvement des gaz, résultats qui, d'après lui, ne concorderaient pas avec les formules de l'hydrodynamique.

Pour lui, en effet, cette théorie donnerait pour la vitesse le facteur α dépendant du nombre des particules animées du gaz $\sqrt{\frac{2}{3} uv + v^2}$ ou, plus généralement, $\sqrt{2\alpha uv + v^2}$, de la vitesse u . Or, ses expériences sont en contradiction absolue avec un semblable résultat, et établissent « que α » n'a aucune valeur appréciable et que, par conséquent, » ajoute-t-il (p. 167), u est bien réellement nul, ou n'a pas d'existence réelle ».

D'après les équations que nous venons de poser, au contraire, u disparaîtrait dans l'expression de la force vive, qui concorderait ainsi avec les formules de l'hydrodynamique. Nous ferons observer, au surplus, que la théorie cinétique de Marwell n'est pas le moins du monde en contradiction avec ces formules.

Nous voyons fort bien ce qu'il y a de trop spécial dans cette démonstration, quoiqu'il y soit partiellement tenu compte d'un élément essentiel que M. Hirn semble avoir négligé dans la sienne, le mouvement vibratoire du gaz. Mais si elle peut se généraliser, elle ne fera que confirmer les résultats obtenus par l'infatigable expérimentateur.

Il est vrai que cette confirmation serait peut-être pour lui une grande désillusion : la théorie cinétique des gaz, qu'il croit fort proche parente des doctrines matérialistes, ne serait pas renversée.

Mais qu'il s'en console, assez de bons esprits, et il est

l'un des premiers parmi eux, ont consacré et consacreront encore des pages d'une argumentation solide et éloquente à la défense de la cause du spiritualisme, qui est la cause même de l'humanité.

Et eût-il démontré le néant de la théorie cinétique des gaz, il peut en être bien persuadé, et il l'est en effet, pas un seul matérialiste probablement n'eût, pour cela, abjuré ses doctrines. Combien en rencontrera-t-on, en effet, qui soient en état de suivre les théories et les arguments de notre éminent confrère ?

Il y a même un certain danger à lier le sort du spiritualisme à celui d'une théorie mathématique, danger que n'ont pas toujours su éviter les partisans de doctrines plus spiritualistes encore que celles de M. Hirn.

Supposons que ce savant ait réussi à faire si bien adopter ses conclusions que tous les physiciens en soient arrivés à se dire : si la théorie cinétique des gaz était exacte, ce serait un argument puissant en faveur du matérialisme ; heureusement elle ne l'est pas, et nous pouvons, en toute sûreté de conscience mathématique, rester spiritualistes comme nous le sommes.

Qu'arriverait-il le jour où la théorie cinétique des gaz, qui n'est encore, peut-on dire, qu'à l'état embryonnaire, serait développée dans toute sa puissance, et lèverait alors les contradictions apparentes signalées par M. Hirn ? Le matérialisme n'en acquerrait-il pas une vigueur plus grande ?

Pour nous, quelle que soit l'idée sous laquelle on voudra concevoir les mouvements de l'univers matériel, pourvu que cette idée soit simple et explique les faits, nous l'adopterons avec joie, sans nulle crainte pour nos convictions.

Pût-on même tout expliquer par les seules notions de

matières et de mouvement, hypothèse absurde (1), qui pourrait nous empêcher de considérer, avec Faraday, l'atome matériel comme un simple centre de forces, et de nier par conséquent, tout en admettant les théories fondées sur ces deux seules notions, jusqu'à l'existence même de la matière ?

Au fond, nous abondons, comme nous l'avons dit antérieurement, dans le sens des idées spiritualistes, défendues par M. Hirn avec un talent reconnu par les philosophes les plus compétents, et, en ce point, notre rapport actuel est d'accord avec le précédent.

En un autre point, il en diffère, comme je l'ai dit.

J'ai pu croire antérieurement à la rigueur de cette conclusion tirée par notre savant associé de la théorie cinétique des gaz, à savoir :

Que la pression exercée sur un gaz par un disque en mouvement dans celui-ci est une fonction de la température de ce gaz ; conclusion que M. Hirn n'avait pas trouvée confirmée par ses expériences.

Si cette première conclusion était exacte, la réciproque, à savoir :

Que la pression exercée par un courant de gaz contre

(1). Car « la matière pure serait indifférente au reste du monde » (HELMHOLTZ, *Conservation de la force*, Introduction); en d'autres termes, pour qu'un point matériel en mouvement puisse en mouvoir un autre, il faut qu'ils soient doués tous deux de l'impénétrabilité et de l'inertie; pour que cette communication de mouvement soit soumise à une loi, il y faut joindre la notion de masse.

Or, envisager la matière comme douée de ces attributs revient évidemment au fond à la douer de forces; et rien d'étonnant à ce qu'à l'aide des seules notions de matière et de mouvement ainsi conçues, on croie pouvoir expliquer les phénomènes de l'univers matériel.

un disque est une fonction de la température de ce gaz, le serait, ce me semble, également.

Or, la démonstration de cette dernière proposition ne m'a pas paru ressortir avec rigueur de la théorie cinétique; je crois avoir montré, au moins pour le cas d'une vitesse considérable du courant de gaz, que sa pression n'est pas, suivant la théorie cinétique, une fonction de la température.

Les nombreuses expériences de M. Hirn confirmeraient donc cette théorie au lieu de l'infirmier.

Le soin avec lequel elles ont été faites, les recherches importantes auxquelles M. Hirn s'est livré sur la vitesse d'écoulement des fluides, l'idée théorique très ingénieuse qui lui a servi de point de départ, contribuent à donner une incontestable valeur au mémoire de notre éminent associé.

Aussi est-ce avec le plus grand empressement que je propose à la Classe de voter l'impression, dans ses publications in-4°, de ce remarquable travail, et d'adresser à l'auteur ses remerciements les plus chaleureux pour l'honneur qu'il a fait à l'Académie en le lui adressant.

Note complémentaire sur le travail de M. Hirn.

Depuis l'envoi de mon rapport, notre savant associé a fait parvenir à l'Académie un nouveau chapitre à ajouter à son travail.

L'étude et la discussion des thèses renfermées dans ce chapitre exigeraient un temps fort long, et retarderaient considérablement l'impression du mémoire; elles ne modifieraient cependant en rien nos conclusions.

b



54723 B
(4)

C'est pourquoi nous croyons devoir nous en référer simplement à celles-ci. »

La Classe, adoptant les conclusions des rapports de ses trois commissaires, vote de chaleureux remerciements à M. Hirn pour la présentation de son travail et décide l'impression de celui-ci, avec les planches qui l'accompagnent, dans le recueil des Mémoires in-4°.

200

