

S. TOLVER PRESTON. - Mode of the propagation of sound and the physical condition determining its velocity, on the basis of the kinetic theory of gases (Mécanisme de la propagation et loi physique de la vitesse du son, d'après la théorie dynamique des gaz); Philosophical Magazine, 5e serie, t. III, 441-453, 1877
Violle

► **To cite this version:**

Violle. S. TOLVER PRESTON. - Mode of the propagation of sound and the physical condition determining its velocity, on the basis of the kinetic theory of gases (Mécanisme de la propagation et loi physique de la vitesse du son, d'après la théorie dynamique des gaz); Philosophical Magazine, 5e serie, t. III, 441-453, 1877. J. Phys. Theor. Appl., 1878, 7 (1), pp.233-237. <10.1051/jphystap:018780070023301>. <jpa-00237414>

HAL Id: jpa-00237414

<https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00237414>

Submitted on 1 Jan 1878

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

S. TOLVER PRESTON. — Mode of the propagation of sound and the physical condition determining its velocity, on the basis of the kinetic theory of gases (Mécanisme de la propagation et loi physique de la vitesse du son, d'après la théorie dynamique des gaz); *Philosophical Magazine*, 5^e serie, t. III, 441-453, 1877.

Bien que MM. Clausius et Maxwell aient depuis longtemps fait justice des objections qui se sont élevées à diverses reprises contre la théorie dynamique des gaz, bien que, en particulier, les principes de l'Hydrodynamique aient été montrés en parfait accord avec

les idées nouvelles⁽¹⁾, il restait à rendre physiquement compte de la propagation du son dans les gaz d'après la théorie dynamique, et à y rattacher tous les remarquables résultats déduits de l'ancienne doctrine et pleinement vérifiés par l'expérience. Plusieurs Mémoires importants ont été récemment publiés sur ce sujet; je relaterai ici l'explication, particulièrement claire, donnée par M. Tolver Preston, du mécanisme de la propagation des ondes sonores dans un gaz.

Dans un gaz en équilibre, les molécules se meuvent également en tous sens : le nombre des molécules marchant dans une direction donnée est à chaque instant le même que le nombre des molécules allant en sens inverse. Si donc on considère la file des molécules marchant suivant une droite donnée, on peut supposer qu'à tout instant les molécules 1, 3, 5, 7, ... vont dans un sens, tandis que les molécules 2, 4, 6, 8, ... marchent en sens opposé, toutes les molécules changeant ensemble de direction par chocs entre elles ou contre les parois.

Soit maintenant, dans un tel gaz, une paroi plane (la face extérieure de l'une des branches d'un diapason, par exemple), animée d'un mouvement vibratoire, lent par rapport au mouvement d'agitation des molécules; considérons une file de molécules, normale à la paroi : la molécule la plus rapprochée (molécule 1) viendra choquer la paroi un certain nombre de fois, pendant le mouvement d'avance de la paroi. Au premier choc, cette molécule 1 reçoit un petit accroissement de vitesse qu'elle transmet par choc à la molécule suivante (molécule 2), les deux molécules échangeant simplement leur vitesse. La molécule 1 retourne donc vers le plan avec sa vitesse normale première, et reçoit du plan mobile un second accroissement de vitesse qu'elle communique de nouveau à la sphère 2, et ainsi de suite. Après le premier choc, la molécule 2 passe à la molécule 3 l'accroissement de vitesse qu'elle a reçu de la molécule 1, et revient à la molécule 1 avec sa vitesse première. Les mêmes considérations s'appliquent à toutes les molécules de la file considérée; et durant le déplacement en avant de la paroi, une succession de petits accroissements de la vitesse sont propagés par échange sous forme d'onde, consistant en cette

(1) Voir VERDET, *Théorie mécanique de la chaleur*, t. II, p. 34.

particularité du mouvement que les molécules se meuvent en avant avec une vitesse un peu plus grande que leur vitesse normale, et en arrière avec leur vitesse normale. La vitesse de transmission de l'onde est la vitesse même des molécules supposées d'un diamètre négligeable devant leur moyenne distance. La longueur de la pulsation ou demi-onde est évidemment proportionnelle au temps employé par la paroi à exécuter sa demi-oscillation; en d'autres termes, la longueur d'onde est proportionnelle à la période du mouvement vibratoire. Dans le mouvement en arrière de la paroi mobile, par un mécanisme identique, une succession de petits décroissements de la vitesse, formant la deuxième moitié de l'onde, est transmise sur toute la file des molécules, et la deuxième moitié de l'onde se manifeste par cette circonstance du mouvement des molécules qu'elles se meuvent en avant avec une vitesse un peu moindre que leur vitesse normale, et en arrière avec leur vitesse normale.

Il est clair toutefois que, en réalité, les molécules d'un gaz dans leurs collisions mutuelles ne se meuvent pas toutes en droite ligne, suivant la direction de la propagation de l'onde à l'instant de son passage, mais plus ou moins obliquement à cette ligne de propagation, de sorte que la propagation de l'onde sera nécessairement, dans une certaine mesure, moindre que la vitesse moyenne des molécules elles-mêmes : la vitesse du son sera, non pas égale, mais proportionnelle à la vitesse du mouvement moléculaire; mais cela ne touche rien au principe, et le mécanisme indiqué plus haut rend exactement compte de la propagation des ondes à distance, dans un gaz tel que le conçoit la théorie dynamique.

Lorsqu'une onde passe, chaque molécule reçoit dans la première moitié de l'onde un accroissement de vitesse, pendant son mouvement en avant seulement; la molécule gagne un peu de terrain en avant et en perd en arrière; et, comme cela a lieu à chaque oscillation de la molécule et que la molécule oscille un grand nombre de fois en avant et en arrière pendant le passage de l'onde, il y a finalement un gain sensible de chemin en avant pour chaque file de molécules. La masse d'air entière est poussée en avant pendant le passage de la première demi-onde sonore : ce mouvement en avant est naturellement accompagné d'une condensation de l'air.

On a exactement le même mouvement d'ensemble en arrière pendant la deuxième demi-onde, avec dilatation de l'air.

La vitesse du son, avons-nous dit, est proportionnelle à la vitesse des molécules du gaz; de sorte que, dans différents gaz, les vitesses du son sont proportionnelles aux vitesses d'agitation de ces gaz. L'expérience vérifie cette conclusion : la vitesse des molécules dans l'hydrogène est quatre fois plus grande que dans l'oxygène, et la vitesse du son dans l'hydrogène est aussi quatre fois plus grande que dans l'oxygène.

Le rapport de deux vitesses est le même pour tous les gaz. On peut en déduire la valeur du rapport des deux vitesses dans un gaz donné, l'hydrogène, par exemple. On a, en effet

$$\frac{\text{vitesse du son}}{\text{vitesse d'agitation}} = \frac{1269^m}{1844^m} = 0,688$$

si l'on adopte, pour vitesse d'agitation, la racine carrée du moyen carré des vitesses dans l'hydrogène, d'après M. Clausius; ou

$$\frac{\text{vitesse du son}}{\text{vitesse d'agitation}} = \frac{1269^m}{1693^m} = 0,743$$

si l'on prend, avec M. Maxwell, la vraie vitesse moyenne : c'est le premier nombre que choisit l'auteur. Mais la vraie solution de la question serait évidemment un calcul théorique de ce rapport d'après la constitution supposée du gaz. M. Preston ne se hasarde point sur ce terrain, et, en effet, la théorie, en l'état actuel, ne paraît pas pouvoir donner de solution certaine. C'est ainsi que M. Maxwell, dans une lettre additionnelle au Mémoire que nous analysons, donne, comme résultat d'un calcul qu'il ne développe point, $\frac{\sqrt{5}}{3} = 0,745$ pour valeur de ce rapport dans un gaz dont les molécules, supposées sphériques, auraient un diamètre négligeable vis-à-vis de leur moyenne distance; tandis que M. Roiti ⁽¹⁾ avait évalué ce même rapport à $\frac{2}{3} = 0,667$, et M. Hoorwegg ⁽²⁾ à un

(¹) ROITI, *Nuovo Cimento*, deux Mémoires, 1876 et 1877.

(²) HOORWEGG, *Archives néerlandaises*, 1876, et avec certaines retouches, *Beiblätter*, 1877.

nombre presque égal, bien qu'obtenu par des considérations complètement différentes, $\frac{n-2}{8-2\pi} = 0,665$.

La loi simple que la vitesse du son dans un gaz est proportionnelle à la vitesse d'agitation des molécules donne immédiatement toutes les circonstances connues de la variation de vitesse du son dans les gaz. La non-influence de la pression, l'action de la température s'en déduisent de suite, et l'auteur se plaît à faire ressortir la simplicité et la netteté de ces déductions, comparées à ce qu'il appelle l'*ancienne et vague notion* de l'élasticité.

VIOLLE.
