{BnF Gallica

Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque de Météo-France

{BnF Gallica

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :
- La réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source.
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter **reutilisationcommerciale@bnf.fr**.

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque de Météo-France

METEO-FRANCE BIBLIOTHEQUE-PARIS
PP00004130

JOURNAL
DE PHYSIQUE,
DE CHIMIE,
D'HISTOIRE NATURELLE
ET DES ARTS,

AVEC DES PLANCHES EN TAILLE-DOUCE;

PAR J.-CL. DELAMÉTHERIE.

MESSIDOR AN X.

TOME LV.

16.072

BUREAU CENTRAL MÉTÉOROLOGIQUE DE FRANCE

A PARIS;

Chez J.-J. FUCHS, Libraire, rue des Mathurins, n°. 334.

AN X DE LA RÉPUBLIQUE (1802 *v. st.*)



JOURNAL

DE PHYSIQUE

DE CHIMIE

D'HISTOIRE NATURELLE

ET DES ARTS.

contraction nécessaire pour communiquer à l'air le mouvement ondulatoire propre à produire des sons.

Tel est le petit nombre d'observations que j'ai eu occasion de faire sur les tubes harmonieux; je desire qu'elles offrent quelque intérêt à ceux qui s'occupent plus particulièrement de cette branche de la physique, et qu'elles contribuent à porter l'attention sur un fait curieux et négligé jusqu'à présent.

SUR
LA THÉORIE DU SON;

Par le cit. Biot, associé de l'Institut national.

Le cit. la Place m'ayant engagé à examiner l'influence que pourroient avoir sur la vîtesse du son les variations de température qui accompagnent les dilatations et les condensations de l'air, et à chercher, s'il seroit possible de concilier par cette considération l'expérience et le calcul, j'ai fait sur ce sujet, et d'après ces données, les recherches que je vais soumettre à l'Institut.

On sait que la théorie de Newton sur la propagation du son donne une vîtesse sensiblement plus petite que l'expérience. Les géomètres ont depuis présenté cette théorie sous une forme plus rigoureuse, et ils sont parvenus aux mêmes résultats. Il n'est pas rare de voir l'auteur du *Livre des principes* arriver ainsi comme par une sorte d'inspiration à des conséquences que les calculs les plus rigoureux ont depuis presque toujours confirmées.

Cet accord des géomètres à trouver la vîtesse du son plus petite que ne la donne l'expérience, dut leur faire penser, ou que les calculs étoient fondés sur des faits inexacts, ou qu'on avoit omis d'y faire entrer quelques circonstances nécessaires. On chercha donc à apporter des raisons plausibles de cet écart; mais il faut convenir qu'elles étoient fondées sur des hypothèses plus ou moins douteuses, et qui ne peuvent plus subsister après les découvertes de la chimie moderne sur la constitution de l'atmosphère. Suivant Newton, la différence observée viendroit de ce que l'on n'a pas égard dans le calcul au volume des particules intégrantes de l'air qu'il regarde comme transmettant le son

instantanément à la manière des corps solides : en supposant à ces molécules des dimensions sensibles par rapport à leurs distances mutuelles, il pense qu'on doit ajouter l'espace qu'elles occupent à celui que donne le calcul pour la vîtesse du son : comme celle-ci diffère d'environ un neuvième des expériences dont Newton faisoit usage, il donne aux molécules de l'air la densité des substances salines, et calculant leurs écarts dans une supposition, il obtient à-peu-près la correction convenable. Mais il n'est pas difficile de voir que cette correction est fondée sur des hypothèses bien précaires, et qui paroissent infirmées par l'observation d'un grand nombre de phénomènes.

Il est extrêmement douteux aujourd'hui que l'air doive son élasticité à la nature et au diamètre de ses particules, plutôt qu'au calorique dans lequel il est dissous ; mais quand même on admettroit cette hypothèse, dans l'ignorance où nous sommes sur ce qui concerne la nature intime des corps, rien ne porte à penser que les molécules de l'air aient la même densité que les substances salines, et Newton n'a pu choisir cette supposition que parce qu'elle conduisoit au résultat qu'il vouloit obtenir. En effet, s'il eût donné à ces molécules une autre densité, par exemple celle de l'or, il eût trouvé leur diamètre 24 ou 25 fois plus petit que leur distance mutuelle, ce qui eût été bien loin de suffire pour accorder l'expérience et le calcul. De plus, si les molécules de l'air occupoient, comme Newton le suppose, la neuvième partie de l'intervalle qui les sépare, l'intensité de la lumière devroit s'affoiblir en traversant l'atmosphère beaucoup plus qu'elle ne le fait réellement ; et les condensations que nous pouvons faire subir à ce fluide, soit par le froid, soit par des moyens mécaniques, devroient sensiblement altérer sa transparence, ce qui n'arrive en aucune manière : enfin si l'on considère qu'il est prouvé par plusieurs faits chimiques que les substances même les plus denses ont encore une infinité de pores, il paroît naturel de penser que les dimensions des molécules de l'air et des autres fluides élastiques sont infiniment petites par rapport à leurs distances mutuelles, et par conséquent ce n'est pas à cette considération qu'il faut attribuer l'écart de la théorie.

Newton a indiqué comme une autre cause, mais d'une moindre influence, l'interposition des vapeurs suspendues dans l'air. Il les regarde comme ne participant point au mouvement de ce fluide par lequel le son est propagé. Cette circonstance en diminuant la quantité de la matière à mouvoir, lui paroît devoir augmenter la vîtesse du son ; en supposant dans l'air atmosphérique

un dixième de vapeurs, il en déduit une augmentation d'un vingtième dans la vîtesse ; mais cette cause qui est au moins aussi hypothétique que la précédente, seroit loin d'être suffisante pour expliquer à elle seule l'écart de la théorie, et d'ailleurs elle se trouve détruite par les expériences qu'ont fait en 1738 les membres de l'académie des sciences, car il en résulte que le brouillard le plus épais n'altère pas la vîtesse du son d'une manière sensible. Je me suis arrêté à combattre l'explication de Newton, parce qu'elle me semble contraire aux découvertes chimiques faites dans ces derniers temps. Quelque fortes que me paroissent les preuves que j'ai apportées, je ne les propose cependant qu'avec défiance. Quand on croit découvrir une erreur dans les ouvrages d'un si grand homme et d'un si sage observateur de la nature, il faut longtemps douter et examiner, de peur de se tromper soi-même.

On trouve aussi dans les Mémoires de Berlin pour l'année 1768, des Recherches de Lambert sur le sujet qui nous occupe. Il combat les diverses hypothèses à l'aide desquelles on avoit essayé d'accorder la théorie et l'expérience, mais il en propose ensuite une autre qui n'est pas plus admissible. Il regarde l'air atmosphérique comme chargé d'une quantité plus ou moins considérable de vapeurs et d'autres matières hétérogènes beaucoup plus pesantes que l'air lui-même. Ces petites masses aqueuses ou salines, mais sans élasticité, se soutiendroient par la seule force de cohésion entre les molécules de l'atmosphère comme de petites gouttes de mercure sur l'eau, et leur pesanteur spécifique étant 700 ou 800 fois plus grande que celle des molécules d'air, elles pourroient en raison de leur peu de volume, se loger entre les interstices de ces dernières ; ces particules aqueuses et étrangères ne feroient qu'embarrasser et étouffer le mouvement ondulatoire de l'air sans contribuer par elles-mêmes à la propagation du son, et par conséquent il faudroit en faire abstraction dans l'expression de la densité de l'air que l'on introduit dans le calcul.

Tout ceci suppose que l'eau dissoute dans l'air, s'y trouve *toujours* à l'état liquide et avec la pesanteur spécifique convenable à cet état ; or, le contraire est bien prouvé maintenant. On sait que l'air devient plus léger en dissolvant de l'eau, et par conséquent ce liquide passant alors à l'état de fluide élastique, prend un volume dont la pesanteur spécifique est moindre que celle de l'air lui-même.

Lambert étant arrêté par la difficulté de séparer le poids de

l'air de celui des vapeurs qu'il y supposoit suspendues, prit une marche inverse, et se proposa de déterminer, d'après les expériences faites sur la propagation du son, la quantité de vapeurs suspendues dans l'atmosphère : il trouva ainsi qu'elles devoient former plus d'un tiers de son poids, ce qui ne peut s'accorder avec les expériences que l'on a faites depuis sur la composition et la décomposition de ce fluide, tel qu'il existe à la surface du globe.

Lambert publia encore, en 1772 ; un mémoire où il s'occupa en même temps de la vîtesse du son et des réfractions astronomiques ; mais il se fonde sur les mêmes hypothèses que dans celui dont nous venons de rendre compte, et il en emploie même les résultats dans ses calculs.

Après avoir parlé des tentatives que l'on a faites pour concilier avec l'expérience la théorie de la propagation du son, je vais en partant de faits bien constatés, exposer une cause à laquelle il paroît très-possible de rapporter leur différence ; mais il est nécessaire que je rappelle auparavant les principes sur lesquels le calcul est fondé.

Ces principes sont très-simples ; on sait par expérience que l'élasticité de l'air est proportionnelle à sa densité : d'après ce seul fait, on calcule la vîtesse avec laquelle les ondulations doivent se propager dans ce fluide, et on trouve pour le résultat 915 pieds par seconde, tandis que l'expérience en donne 1038.

Comme il n'y a rien dans la marche du calcul qui ne soit rigoureux, il faut nécessairement que la loi qui lui sert de base ait besoin de quelque modification, au moins quand on l'applique aux condensations et aux raréfactions successives de l'air dans la formation du son.

C'est un fait connu des physiciens que l'air atmosphérique perd lorsqu'on le condense, une partie de sa chaleur latente qui passe à l'état de chaleur sensible, et qu'au contraire lorsqu'on le raréfie, il reprend une portion de chaleur sensible qu'il convertit à l'état de chaleur latente. Le mercure baisse de plusieurs degrés dans le thermomètre sous le récipient de la machine pneumatique lorsqu'on fait le vide, et il s'élève au contraire sous le récipient de la machine de compression. Ces effets ne peuvent pas être attribués à la dilatation ou à la compression de la boule de verre du thermomètre soumis à l'expérience, car je me suis assuré qu'en laissant subsister quelque temps la condensation ou le vide, l'équilibre se rétablit, et le mercure revient au degré où il étoit précédemment. Pour se faire une idée de la température que prend l'air dans ces expériences, et de la quan-

tité de chaleur qui s'absorbe ou se dégage, il faut observer qu'en général le thermomètre n'indique exactement le degré de chaleur d'un corps avec lequel il est en contact, qu'autant qu'on peut le regarder comme infiniment petit par rapport à ce corps, et qu'on peut négliger l'influence de sa présence sur la température que l'on veut observer. Or, cela est bien loin d'être vrai, lorsqu'on opère sous le récipient d'une machine pneumatique ou d'une machine de compression. Alors un thermomètre même très-petit et tel, par exemple, que ceux que l'on adapte aux hygromètres, a encore une masse considérable par rapport à celle du volume d'air dans lequel il est plongé. Aussi arrive-t-il que pour des dilatations égales la variation du thermomètre diminue avec les dimensions des récipiens, de manière qu'en prenant ceux-ci fort petits, elle devient tout-à-fait insensible. Si de plus on fait attention à l'influence que doivent avoir pour rétablir l'équilibre les parois des récipiens et les machines elles-mêmes dont on fait usage, on sentira facilement que les changemens de température éprouvés par cette petite masse d'air doivent être bien considérables, puisqu'ils font encore varier de plusieurs degrés le thermomètre qu'on y plonge.

Ces effets se manifestent en grand dans les mines où l'on emploie des appareils qui renferment une grande quantité d'air condensé. Lorsqu'on rétablit la communication avec l'atmosphère environnante, l'air dans la dilatation qui le ramène à son état naturel, absorbe tant de chaleur qu'il dépose à l'état de glace une partie de l'eau qui s'y trouvoit en dissolution.

Dans la propagation du son les condensations et les dilatations successives de l'air doivent nécessairement occasionner dans les particules qui les éprouvent, des variations de température très-petites du même ordre, analogues à celles dont nous venons de reconnoître l'existence ; et ces variations doivent influer sur leur élasticité : par conséquent la loi suivant laquelle le ressort de l'air est proportionnel à sa densité, n'a lieu que dans l'état de repos où on laisse reprendre à ce fluide la température qu'il avoit avant le changement de volume qu'on lui fait subir ; et dans l'état de mouvement où les condensations et les raréfactions se succèdent à de courts intervalles, il devient nécessaire d'avoir égard aux variations correspondantes de la température.

C'est le calcul qui peut nous faire apprécier avec exactitude l'influence de cette cause sur la vîtesse du son ; mais il faut avant de l'établir déterminer la quantité de chaleur qui devient sensible pour une condensation donnée de l'air, ou plus exacte-

ment la partie de cette chaleur qui élève la température de ce fluide, et influe sur son élasticité, car il est possible qu'il s'en échappe une portion sous forme rayonnante, comme cela arrive toutes les fois que dans un changement de température le calorique dégagé ne rencontre pas de corps capable de l'arrêter et de l'absorber.

Avec les moyens que nous avons de raréfier et de condenser l'air, il seroit extrêmement difficile d'évaluer directement la quantité de chaleur qu'il absorbe ou qu'il dégage, mais les variations correspondantes de la température devant croître avec les changemens que l'on fait subir au volume d'air, nous les regarderons comme proportionnels à ces changemens, ce qui sera sensiblement vrai, sur-tout dans la théorie du son où les condensations et les raréfactions sont comprises dans des limites peu étendues, et nous essayerons ensuite de déterminer, d'après les expériences faites sur la propagation du son, le coefficient de cette proportionnalité.

Théorie de la propagation du son en ayant égard à la chaleur développée par les changemens de volume des particules de l'air.

Si l'on représente par p, q, r les vîtesses des particules du fluide parallèlement à trois axes rectangulaires x y z, vîtesses que nous supposerons très-petites : qu'on nomme ε l'élasticité de ces particules, Δ leur densité dans l'état de mouvement, X Y Z les forces qui leur sont appliquées, on aura pour déterminer les ondulations du fluide les trois équations suivantes :

$$(1)\ldots\ \Delta\left\{\frac{dp}{dt}+X\right\}+\frac{d\varepsilon}{dx}=0\quad\Delta\left\{\frac{dq}{dt}+Y\right\}+\frac{d\varepsilon}{dy}=0\quad\Delta\left\{\frac{dr}{dt}+Z\right\}+\frac{d\varepsilon}{dz}=0.$$

$$(2)\ldots\ \frac{d\Delta}{dt}+\frac{d(\Delta p)}{dx}+\frac{d(\Delta q)}{dy}+\frac{d(\Delta r)}{dz}=0.$$

(Voyez la Mécanique analytique, pag. 496 et suivantes).

Lorsqu'on fait abstraction de la chaleur, l'élasticité ε est une fonction de la densité Δ, et si de plus $Xdx+Ydy+Zdz$ est une différentielle exacte, on ramène les formules précédentes à l'intégration d'une seule équation différentielle partielle. Cherchons, s'il en est de même, quand on a égard aux circonstances que nous avons indiquées.

Supposons que dans l'état de permanence l'élasticité soit une

fonction quelconque de la densité que nous nommerons $\varphi(\Delta)$, représentons par Δ' la densité de la particule d'air que l'on considère, avant qu'elle fût ébranlée. Comme la durée et l'étendue de ces ébranlemens sont supposées très-petites, la molécule passera subitement de la densité Δ' à la densité Δ, et l'on aura:

$$\Delta = \Delta' \{ 1 + s \}$$

s étant une quantité fort-petite, qui représentera les condensations lorsqu'elle sera positive, et les dilatations lorsqu'elle sera négative.

Soit β' la variation de température correspondante à une condensation très-petite, comme seroit par exemple $\frac{1}{100}$, β' étant exprimé en degrés du thermomètre, alors la variation correspondante à la petite condensation s, sera à très-peu près représentée par $100\,\beta' s$, ou simplement βs en faisant $100\,\beta' = \beta$. Si de plus γ représente l'accroissement de l'élasticité pour une petite variation de température, comme seroit, par exemple, $\frac{1}{100}$ de degré, alors $100\,\gamma\beta s$ représentera l'accroissement de l'élasticité pour la condensation s, accroissement que l'on pourra exprimer par ks en faisant $100\,\gamma\beta = k$.

En vertu de ces modifications, l'expression de l'élasticité ε deviendra pendant le mouvement

$$\varepsilon = \{ 1 + ks \}\, \varphi(\Delta)$$

On a de plus $\Delta = \Delta' \{ 1 + s \}$

Si donc la densité initiale Δ' est variable pour les différentes particules du fluide, comme cela a lieu par exemple dans les fluides soumis à l'action de la pesanteur, ε ne fera pas fonction de Δ seulement; par conséquent la fonction $\frac{d\varepsilon}{\Delta}$ ne sera point une différentielle exacte, et l'on ne pourra plus profiter de cette circonstance pour intégrer les équations (1) et (2).

Conformément à ce qu'ont fait les auteurs qui ont traité la théorie du son, nous supposerons dans la suite de ces recherches que la densité initiale du fluide est uniforme et égale à l'unité. C'est le cas de l'atmosphère quand on n'en considère qu'une couche peu épaisse, et c'est aussi par cette raison celui de la propagation du son dans le sens horisontal.

Alors en nommant g la gravité, n le rapport de la densité du mercure à celle de l'air, et H la hauteur du baromètre, on a

$$\varphi(\Delta) = g\, n\, \mathrm{H}.\, \Delta$$

et comme $\Delta = 1 + s$, il vient

$$\varepsilon = g\,n\,\mathrm{H}\{1 + k\,s\}\{1 + s\}$$

qui se réduit à $\varepsilon = g\,n\,\mathrm{H}\{1 + (1 + k)\,s\}$

en négligeant les quantités de l'ordre s^2. on tire de là

$$\frac{d\varepsilon}{\Delta} = g\,n\,\mathrm{H}(1 + k)\,\frac{ds}{1 + s}$$

ce qui donne en intégrant et faisant pour plus de simplicité

$$\int \frac{d_3}{\Delta} = \mathrm{E} \qquad \mathrm{E} = g\,n\,\mathrm{H}(1 + k)\,l.\,\Delta$$

Alors si on multiplie la première des équations (1) par dx, la seconde par dy, la troisième par dz, et qu'on les ajoute, en supposant $\mathrm{X} = 0$ $\mathrm{Y} = 0$ $\mathrm{Z} = 0$ puisque nous faisons abstraction des forces accélératrices, il viendra

$$-d\mathrm{E} = \frac{dp}{dt}dx + \frac{dq}{dt}dy + \frac{dr}{dt}dz$$

Le second membre devra donc être une différentielle exacte, ce qui exige que la fonction $pdx + qdy + rdz$ jouisse de la même propriété. Cette condition sera remplie dans le cas actuel, puisque les vîtesses initiales $p\,q\,r$ sont considérées comme très-petites. Soit donc

$$pdx + qdy + rdz = d\varphi$$

d'où l'on tire $p = \frac{d\varphi}{dx}$ $q = \frac{d\varphi}{dy}$ $r = \frac{d\varphi}{dz}$.

par conséquent on aura $\mathrm{E} = -\frac{d\varphi}{dt}\,l\,\Delta = -\frac{1}{g\,n\,\mathrm{H}(1 + k)}\,\frac{d\varphi}{dt}$

Or l'équation (2) peut être mise sous la forme

$$\frac{d.l.\Delta}{dt} + \frac{d.l.\Delta}{dx}p + \frac{d.l.\Delta}{dy}q + \frac{d.l.\Delta}{dz}r + \frac{dp}{dx} + \frac{dq}{dy} + \frac{dr}{dz} = 0$$

ainsi en y substituant pour $l(\Delta)$, p, q, r, leurs valeurs, et négligeant les quantités du second ordre, elle deviendra

$$\frac{d_2\varphi}{dt^2} = g\,n\,\mathrm{H}(1 + k)\left\{\frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{dy^2} + \frac{d^2\varphi}{dz^2}\right\}$$

(Voyez pour ces formules la Mécanique analytique de la Grange, seconde partie, pag. 500).

En supposant k nul, on auroit l'équation ordinaire de la propagation

pagation du son, telle que l'ont donné Euler et la Grange, en faisant abstraction de la chaleur rendue sensible par la condensation de l'air. Cette considération ne fait par conséquent qu'augmenter le coefficient $g\,n$ H dans le rapport de $1 + k$ à l'unité, k étant toujours un nombre positif: or on sait, et cela peut être démontré directement, que c'est de ce coefficient que dépend la vîtesse de la propagation du son, laquelle est exprimée par $\sqrt{g\,n\,\mathrm{H}}$ en faisant abstraction de la chaleur. Nos formules donneront par conséquent pour cette vîtesse

$$\sqrt{g\,n\,\mathrm{H}},\quad \sqrt{1+k},\quad \text{ou } 915 \text{ pieds } \sqrt{1+k},$$

elle sera ainsi plus grande que par la théorie ordinaire; mais pour apprécier cette différence, il est nécessaire de connoître la valeur de k.

On n'a point encore d'expériences directes, qui fassent connoître les variations de l'élasticité de l'air pour des changemens très-petits de température, tels que ceux qui entrent dans les formules précédentes; on sait seulement, d'après les expériences d'Amontons, que le ressort de l'air augmente d'un tiers pour un accroissement de température égal à 80° du thermomètre de Réaumur. Si l'on suppose la marche de cet accroissement uniforme, ce qui est la supposition la plus simple, alors on aura $\frac{1}{240}$ pour chaque degré, ce qui donnera $100\gamma = \frac{1}{240}$, et par conséquent $k = \frac{\beta}{240}$. β est alors la variation de température correspondante à une compression égale à l'unité. Admettons avec quelques physiciens que les corps dans les dilatations ou les condensations qu'on leur fait subir, dégagent ou absorbent autant de chaleur qu'il faudroit leur en ôter ou leur en donner pour les réduire naturellement aux volumes qu'on leur fait occuper: dans ce cas, si l'on suppose que toute la chaleur rendue sensible par la compression est employée à élever la température, sans qu'il se dissipe rien en chaleur rayonnante, il sera facile de déterminer β: car il résulte des expériences très-précises de Gay-Lussac sur la dilatation des gaz, qu'un accroissement de 80° dans la température donne une dilatation égale à 0,35, ainsi l'on aura dans la supposition précédente $\beta = \frac{80^\circ}{0{,}35} = 228^\circ$; ce seroit dans cette hypothèse la chaleur qui devient sensible lorsque l'air est condensé du double: on auroit alors $k = 0{,}95$, la vîtesse du son devient ainsi 915 p. $\sqrt{1{,}95} = 1277$ p. 73.

Ce résultat est beaucoup plus grand que celui qui est donné par l'expérience, et la différence peut venir ou de ce que l'hypothèse que nous venons d'admettre n'est pas tout-à-fait exacte, ou de ce qu'une partie de la chaleur rendue sensible par la compression se dissipe sous forme rayonnante sans élever la température de l'air ; mais cet exemple n'est pas moins propre à montrer la grande influence de la cause dont il s'agit, et combien il est nécessaire d'y avoir égard.

S'il ne nous est pas possible d'apprécier directement avec exactitude la quantité dont varie la température de l'air pour une compression ou une dilatation donnée, nous pouvons la déterminer avec une grande précision à l'aide des formules précédentes, et en partant des expériences faites sur la propagation du son. Si l'on prend 1038 pieds pour cette vîtesse, ce qui est la valeur trouvée en 1738 par les membres de l'académie des sciences, on aura

$$1 + k = \frac{(1038)^2}{(915)^2} \quad k = 0{,}2869 \text{ ce qui donne } \beta = 68^{\circ},856$$

c'est-à-dire que lorsque l'on dilate ou que l'on condense du double le volume de l'air, sa température s'abaisse ou s'élève d'environ 69 degrés du thermomètre de Réaumur ; et cette quantité ne paroîtra pas trop grande par rapport à celle que le thermomètre nous indique, si l'on considère que nous n'opérons que sur de très-petites quantités d'air en contact avec des parois très-conductrices de la chaleur, et que les thermomètres dont nous faisons usage ont toujours une masse considérable par rapport à celle de l'air où ils sont plongés.

D'autres résultats sur la vîtesse du son donneroient d'autres quantités de chaleur : en supposant par exemple cette vîtesse de 1080 pieds, ce qui est la plus grande que l'on ait trouvée, on auroit

$$k = 0{,}3922 \quad \beta = 94^{\circ}.3$$

et la variation de température surpasseroit 94°. Nous adopterons le premier résultat de préférence, parce qu'il est déduit d'un plus grand nombre d'expériences faites avec le soin et les appareils convenables ; mais on voit par cette correspondance entre l'accroissement de la vîtesse du son et celle de la chaleur que la compression rend sensible, combien il est nécessaire d'avoir égard à la liaison de ces deux phénomènes, et combien il est facile de concilier par cette considération le calcul et l'expérience dans une des théories les plus importantes de la physique mathématique.

TABLE

DES ARTICLES CONTENUS DANS CE CAHIER.

Mémoire sur les tubes harmonieux à gaz hydrogène, par G. Delarive. 165
Sur la théorie du son, par le cit. Biot. 173
Observations faites d'heure en heure sur six thermomètres, à Montmorenci, les 5, 6, 7, 8 et 9 août 1802 (17, 18, 19, 20 et 21 thermidor an 10), jours de la plus grande chaleur ; par L. Cotte. 183
Troisième mémoire sur la tourbe pyriteuse du département de l'Aisne ; par J. L. M. Poiret. 189
Note relative au mémoire intitulé : Suite des recherches relatives à l'influence de la lune, etc.; par L. Cotte. 197
Encephalo-cranioscopie. Apperçu du système craniognomique de Gall. 198
Observations météorologiques. 216
Mémoires sur les ouvrages de terres cuites, et particulièrement sur les poteries ; par le cit. Fourmi. 210
Extrait d'une lettre de M. Pfaff à F. 235
Mémoire sur la combustion du phosphore. 237
Note sur le tantalite, par J.-C. Delamétherie. 238
Nouvelle comète découverte par le cit. Méchain. 238
Nouvelles littéraires. 237

TABLE

DES ARTICLES CONTENUS DANS CE CAHIER.

Analyse du corundum et de quelques substances qui l'accompagnent, etc., par Richard Chenevix. Page 409
Mémoire contenant une série d'expériences pour constater les effets de l'alcohol introduit dans l estomac des chiens, par G. F. H. Collet-Meygret. 427
Lettre du cit. Dizé au cit. Delamétherie. 437
Sur les essais d'or de départ, qui a été traité par l'acide sulfurique bouillant et concentré à 66 degrés, par Dizé. 440
Précis des expériences galvaniques d'Aldini, par J.-C. Delamétherie. 442
Idées de Werner sur quelques points de la géognosie. Extrait de ses conversations, par J.-C. Delamétherie. 443
Lettre de Jérôme de la Lande au cit. Delamétherie, sur les pierres de foudre. 451
Observations météorologiques. 454
Observations sur l'opinion du cit. Coulomb, sur le magnétisme universel, par J. Carradori. 456
Extrait d'une lettre du professeur Proust, sur la substance métallique qu'il avoit cru nouvelle et qui n'est que de l'urane 457
Mémoire sur un ver trouvé dans le rein d'un chien, par G. F. H. Collet-Meygret. 458
Galvanisme. Nouvelles expériences, par le cit. Nysten. 465
Lettre du cit. Circaud, sur des expériences galvaniques, au cit. Delamétherie. 468
Nouvelles littéraires. 471

TABLE GÉNÉRALE

DES MÉMOIRES CONTENUS DANS CE VOLUME.

HISTOIRE NATURELLE.

Lettre du comte Morozzo au cit. Lacépède, sénateur, et de l'Institut national de France, sur un ichneumon apporté d'Egypte. Page 5

Lettre de J. F. Daubuisson à J.-C. Delamétherie, sur quelques particularités de la montagne de Bohème, appelée Mittelgebürge (*montagne du milieu*). Page 10
De la terre végétale et de ses engrais, par B. G. Sage, directeur de la première Ecole des mines. 34
Sur le minéral connu sous le nom d'œil de chat (katzen augen), par le cit. Louis Cordier. 47
Note sur un ornitholite de Montmartre, par J.-C. Delamétherie. 59
Observations sur la fleur de la tannée, par F. Berger. 117
Note sur un voyage minéralogique, fait en l'an 10, *avec une classification des roches, par J.-C. Delamétherie,* 129
Encephalo-cranioscopie. Apperçu du système craniognomique de Gall. 198
Note sur le tantalite, par J.-C. Delamétherie. 238
Addition au mémoire sur une vis pétrifiée du mont Salève, Par G. A. Deluc. 397
Note sur la mâchoire inférieure d'un carnivore analogue à la chauve-souris, trouvée dans les carrières de Montmartre; par J.-C. Delamétherie. 404
Idées de Werner sur quelques points de la géognosie. Extrait de ses conversations, par J.-C. Delamétherie 443
Extrait d'une lettre du professeur Proust, sur la substance métallique qu'il avoit cru nouvelle et qui n'est que de l'urane. 457
Mémoire sur un ver trouvé dans le rein d'un chien, par G. F. H. Collet-Meygret. 458

PHYSIQUE.

Essais politiques, économiques et philosophiques, par Benjamin comte de Rumford, sur une nouvelle construction pour rôtir la viande. 22
Observations météorologiques, par Bouvard. Messidor. 52
Observations météorologiques. Thermidor. 160
Observations météorologiques. Fructidor. 216
Observations météorologiques. Vendémiaire. 298
Observations météorologiques. Brumaire. 394
Observations météorologiques. Frimaire. 454
Lettre sur quelques nouveaux phénomènes galvaniques, écrite par le cit. Curtet. 54
Extrait d'une lettre de M. Herschel au cit. Mechain. 57
Lettre d'E. M. L. P. à J.-C. Delamétherie, sur la phosphorescence du diamant. 60

Note sur l'argile de hall. Page 61
Sur l'évaporation de l'eau à une haute température, par M. Klaproth, communiqué par Friedlander. 61
Histoire de la planète que M. Olbers a découverte, en l'an 10, *par Jérôme de Lalande.* 65
Sur les travaux de la classe physique de l'Institut. 68
Lettre du cit. Le Bouvier à J.-C. Delamétherie. 77
Memoire sur les tubes harmonieux à gaz hydrogène, par G. Delarive. 165
Sur la théorie du son, par le cit. Biot. 173
Observations faites d'heure en heure sur six thermomètres, pendant les jours de la plus grande chaleur ; par Cotte. 183
Note relative au mémoire intitulé : Suite des recherches relatives à l'influence de la lune, etc.; par L. Cotte. 197
Nouvelle comète découverte par le cit. Méchain. 238
Observations géologiques sur la matière calcaire et sur les os humains fossiles, avec quelques remarques sur la cristallisation, par G. A. Deluc. 245
Rapport sur les expériences galvaniques faites sur la tête et le tronc de trois hommes, peu de temps après leur décapitation ; par les CC. Vassali-Eandi, Giulio et Rosi 286
Lettre d'Albert Fortis à J.-C. Delamétherie. 320
Lettre du cit. Traullé, au cit. Delamétherie. 346
Résultats d'observations météorologiques ; par L. Cotte. 350
Note de l'influence galvanique sur la fibrine du sang, par G. F. Circaud. 402
Mémoire contenant une série d'expériences pour constater les effets de l'alcohol introduit dans l'estomac des chiens, par G. F. H. Collet-Meygret. 427
Précis des expériences galvaniques d'Aldini, par J.-C. Delamétherie. 442
Lettre de Jérôme de la Lande au cit. Delamétherie, sur les pierres de foudre. 451
Observations sur l'opinion du cit. Coulomb, sur le magnétisme universel, par J. Carradori. 450
Galvanisme. Nouvelles expériences, par le cit. Nysten. 465
Lettre du cit. Circaud, sur des expériences galvaniques, au cit. Delamétherie. 468

CHIMIE.

Lettre de Proust sur la cire. 76
Observations et expériences sur l'acide muriatique oxy-

géné et hyperoxygéné, par Richard Chenevix. Page 85
Mémoire sur la composition de l'émeril, par S. Tennant. 120
Analyse de la koupholithe, par Vauquelin. 157
Mémoires sur les ouvrages de terres cuites, et particulièrement sur les poteries; par le cit. Fourmi. 210
Suite. 264
Extrait d'une lettre de M. Pfaff à F. 235
Mémoire sur la combustion du phosphore. 237
Description d'un nouveau procédé d'affinage, par le cit. Darcet. 259
Eclaircissemens sur les propriétés de la terre nommée yttrie, comparées avec celle de la glucine, et sur le tantale, nouvelle substance métallique, par A. G. Ekberg. 281
Extrait d'une lettre du professeur Proust à J.-C. Delamétherie, sur un nouveau métal appelé silène. 297
De la cristallotechnie, ou essai sur les phénomènes de la cristallisation, etc., par Nicolas Leblanc. 308
Analyse d'une mine d'urane, ou d'herschel sulfureuse, par B. G. Sage. 314
Sur quelques observations contraires à la théorie de Lavoisier, par le docteur Carradori. 317
Mémoire pour servir à l'histoire de l'antimoine; par Proust. 325
Lettre du Professeur Proust à J.-C. Delamétherie. 344
Expériences et observations sur certaines substances pierreuses et métalliques qu'on a cru tombées sur la terre, par Edward-Howard. 362
Considérations sur les pierres qu'on suppose tombées de l'atmosphère; par Patrin. 376
Lettre du C. de Saussure au C. Delamétherie, sur la décomposition du gaz carboneux par le gaz hydrogène. 396
Analyse du corundum et de quelques substances qui l'accompagnent, etc., par Richard Chenevix. 409
Lettre du cit. Dizé au cit. Delamétherie. 437
Sur les essais d'or de départ, qui a été traité par l'acide sulfurique bouillant et concentré à 66 degrés, par Dizé. 440
Nouvelles littéraires. 80 162, 237, 322, 405, 471

De l'Imprimerie de H. L. PERRONNEAU, quai des Augustins, n°. 44.