EXPÉRIENCES

Sur la propagation du son à travers les corps solides et à travers l'air, dans des tuyaux très-alongés.

PAR M. BIOT.

Lu à l'Institut. Novembre 1808.

ON sait depuis longtems que l'air n'est pas le seul milieu où le phénomène du son puisse se produire et se transmettre. Tous les corps jouissent de cette propriété lorsqu'ils entrent en mouvement vibratoire; et comme, dans les substances même les plus solides, l'élasticité des dernières particules paroît excessivement grande, il s'ensuit que le son peut se produire et se transmettre à travers tous les corps, lorsqu'ils sont convenablement ébranlés. Ce résultat est confirmé par un grand nombre d'observations journalières. Le mineur, en creusant sa galerie, entend les coups du mineur qu'on lui oppose, et juge ainsi de sa direction. La pierre, le bois, les métaux, l'eau même transmettent le son; et Franklin assure avoir entendu sous l'eau, à la distance d'un demi-mille, le bruit de deux pierres

Digitized by Google

choquées l'une contre l'autre. Plusieurs physiciens ont en outre observé que la vîtesse du son dans les corps solides est beaucoup plus grande que dans l'air. On a fait des expériences de ce genre en Danemarck, sur un fil métallique de la longueur de 600 pieds, tendu horisontalement. A l'une des extrémités du fil on suspendoit un morceau de métal sonore que l'on frappoit à petits coups. Une personne placée à l'autre extrémité du fil, la tenant entre ses dents ou la faisant toucher à quelque partie solide de l'organe de l'ouïe, entendoit deux sons distincts et successifs. Le premier, le plus rapide, étoit transmis par le fil métallique; le second étoit transmis par l'air; et, d'après leur intervalle, comparé à la vîtesse connue du son dans l'air, on pouvoit juger que le son transmis par le métal arrivoit presque instantanément. Ces expériences ont été répétés en Angleterre, par la Société royale, et l'on a obtenu des résultats analogues, mais j'ignore les quantités précises que l'on a trouvées. M. Hassenfratz a fait aussi dans les carrières de Paris, avec M. Gay-Lussac, des expériences sur le même objet. Un coup de marteau frappé contre les parois de la galerie, produisoit deux sons qui se séparoient à une certaine distance, et celui qui étoit trans-

Digitized by Google

mis par la pierre arrivoit le premier. On observoit encore cette séparation lorsque le son étoit transmis à travers une grille de fer, ou des barrières de bois de diverses longueurs, et l'on ne distinguoit pas d'intervalle sensible entre l'instant où l'on frappoit le coup et celui où l'on recevoit le son.

Toutes ces expériences sont très-propres à montrer la grande vîtesse avec laquelle le son se propage à travers les corps solides, mais elles sont faites sur des longueurs trop petites pour fournir la mesure de cette vîtesse, ou même pour en donner une idée exacte. Un ingénieux physicien que nous avons maintenant le plaisir de posséder à Paris, M. Chladny, auteur de très-belles expériences sur les vibrations des corps solides, a proposé un moyen d'apprécier la propagation du son à travers leur substance. Il consiste à faire vibrer, par le frottement, une baguette formée de cette substance, et dont la longueur est connue. Le ton donné par cette baguette, comparé à celui d'une colonne d'air de la même longueur, donne le rapport des vîtesses de propagation du son dans l'air et dans la substance dont la baguette est formée. En effet, on voit aisément par la théorie, que la vîtesse des oscilla-

Digitized by Google

tions longitudinales du corps et celle du son qui s'y transmet sont proportionnelles l'une à l'autre, mais il faut seulement être assuré que la baguette vibre toute entière de manière à donner le ton fondamental qu'elle peut rendre, sans se partager en ses parties aliquotes; car une pareille séparation, élevant le ton dans le même rapport, donneroit une vîtesse du son proportionnellement au-dessus de la véritable. M. Chladny a trouvé ainsi que cette vîtesse, dans certains corps solides, est jusqu'à 16 et 17 fois plus grande que dans l'air. Les substances les plus élastiques sont le fer et le bois de sapin, à fibres bien droites, lorsqu'il est frotté longitudinalement.

La construction des aqueducs et des tuyaux de conduite, auxquels on travaille en ce moment pour l'embellissement de la capitale, m'ont offert le moyen de faire des expériences de ce genre sur une longueur beaucoup plus grande que toutes celles dont les autres physiciens ont pu disposer. Il étoit d'ailleurs assez curieux de connoître les effets et la portée de la voix humaine dans des tuyaux cylindriques très-alongés. Telles sont les objets des expériences suivantes. Quelques-unes ont été faites par M. Bouvard et moi, d'autres l'ont été seule-

Digitized by Google

ment par un de nous d'eux. M. Malus, chef de bataillon du génie, a aussi assisté à plusieurs d'entre elles. Dans toutes nous avons été aidés par M. Martin, fabricant de montres marines, artiste très-adroit et très-zélé, qui étoit particulièrement chargé de donner instantanément, et à des secondes déterminées, le coup qui devoit produire et propager le son.

Le corps sonore, sur lequel nous avons opéré, est formé par un assemblage de tuyaux cylindriques de fonte, de dimensions aussi égales que possible, et dont j'ai trouvé la longueur moyenne égale à $2^{m},515$ (1). J'ai obtenu ce résultat en mesurant la longueur totale de douze tuyaux placés bout-à-bout. Les tuyaux sont séparés par des rondelles de plomb revêtues de futaine goudronnée, mais ils sont serrés les uns contre les autres par de fortes vis, de manière que les rondelles se trouvent extrêmement comprimées, ce qui rend leur contact assez intime pour qu'elles ne laissent point écouler l'eau. L'épaisseur moyenne de chaque rondelle est $0^{m},14256$, ce résultat est la

(1) Toutes les mesures employées dans ce mémoire sont exprimées en mètres; le tems est exprimé en secondes de la division sexagésimale.

Digitized by Google

moyenne entre la mesure de douze rondelles différentes. L'assemblage total des tuyaux forme une ligne courbe qui a deux inflexions vers le milieu de sa longueur. Mais ils n'ont pas d'abord été tous réunis, et nous avons opéré successivement sur des longueurs différentes, comme on le verra dans les expériences que je vais rapporter.

Les premières ont été faites par M. Bouvard et moi sur un assemblage de 78 tuyaux formant une longueur de 196^{m},17, à quoi il faut ajouter 1,10 pour les 77 rondelles comprises entre eux, ce qui donne une longueur totale de 197^{m},27. Voici les phénomènes que nous avons observés.

On a placé dans le dernier tuyau un anneau de fer de même diamètre que lui, portant à son centre un timbre et un marteau que l'on pouvoit laisser tomber à volonté. Le marteau, en frappant sur le timbre, frappoit aussi le tuyau avec lequel il étoit en communication par le contact de l'anneau de fer. On devoit donc entendre deux sons, l'un transmis par le tuyau, l'autre par l'air.

En effet, on les entendoit très-distinctement en appliquant l'oreille contre le tuyau et même sans l'y appliquer : ils ont paru sensiblement

Digitized by Google

à l'unisson. Le premier plus rapide étoit transmis par le corps des tuyaux, le second par l'air. Des coups de marteau donnés sur le dernier tuyau ont aussi produit cette double transmission. Nous avons soigneusement observé, avec des chronomètres à demi-secondes, l'intervalle des deux sons transmis. Nous avons même employé successivement des montres sexagésimales et décimales, pour varier les nombres observés. Nous avons trouvé ainsi

Par 11 observations.....	0″,527.	timbre.
22	0″,555.	marteau.
20	0″,544.	timbre.
53 observ. Résultat moyen...	0″,542.	

Les intervalles donnés par le marteau ou par le timbre, nous ont paru absolument les mêmes, sans différence sensible. C'est pourquoi nous les réunissons dans la même moyenne. Cependant leurs tons étoient très-différens. Ainsi, pour les corps solides comme pour l'air, le ton ne change pas la vîtesse du son.

La température de l'air, pendant l'expérience étoit de 11 degrés centésimaux. Le baromètre étoit environ à 0,76. Dans ces circonstances la vîtesse du son dans l'air est 340^{m},84 d'après les expériences de l'Académie, qui donnent

Digitized by Google

334^{m},02 pour cette vîtesse, à la température de la glace fondante, et, sous la pression de 0,76. Ainsi pour une longueur de 197^{m},27 qui étoit celle sur laquelle se faisoit l'expérience, le tems de la transmission du son par l'air étoit. . . . . 0$''$,579
La différence observée entre les deux sons étoit . . . . . 0$''$,542

Différence, ou tems de la propagation à travers le métal . . . . . 0$''$,037.

Nous ne prétendons pas donner cette petite différence comme rigoureuse, puisque la plus petite erreur auroit sur elle une influence considérable, mais elle prouve déja que la transmission n'est pas absolument instantanée.

La seconde expérience a été faite par MM. Bouvard et Malus, sur un nombre de tuyaux double c'est-à-dire sur une longueur de 394^{m},55. A cette distance, le tems de la propagation par l'air, d'après le calcul, est de 1$''$,158, en supposant toujours la température de 11°. L'intervalle des deux sons déduit de 64 expériences fut trouvé de 0$''$,81. La différence 0$''$,348 seroit le tems de la propagation par le corps solide. Cette quantité paroît beaucoup trop consi-

Digitized by Google

dérable si l'on s'en rapporte aux premières expériences et à celles qui vont suivre, et qui ont été faites sur une longueur presque triple. Ces dernières ne permettent pas de supposer une durée plus grande que $0''{,}125$ pour la propagation par le tuyau, ce qui donneroit, dans l'observation, une erreur de $0''{,}223$. Mais outre qu'il est extrêmement difficile de répondre de pareilles quantités, lorsque l'instant précis de l'observation ne tombe pas sur un battement exact de la montre, il faut remarquer aussi que toute la longueur des tuyaux peut bien n'être pas à la même température, ce qui peut y occasionner des courans d'air qui influent sur la vîtesse du son. Par exemple, dans le cas actuel, si l'on veut adopter la propagation du son dans l'air, telle qu'elle résulte des observations du chronomètre faites par MM. Martin et Bouvard aux points de départ et d'arrivée, on la trouve seulement égale à $1''{,}07$, c'est-à-dire, moindre de $0''{,}088$ que la véritable, ce qui donne $0''{,}26$ pour le tems de la transmission du son, par le corps solide; et l'excès de ce résultat sur ceux qui vont suivre n'étant plus que de $0''{,}135$, peut plus aisément être accordé aux erreurs des observations.

Enfin, ces dernières expériences ont été faites

par M. Martin et par moi, sur un assemblage de 376 tuyaux, qui, avec leurs rondelles, forment une longueur de 951^{m},25 dans laquelle la somme des rondelles seules entre pour 5^{m},61. Je me suis assuré à diverses reprises et par plus de 200 expériences, soit avec le marteau, soit avec le timbre, que l'intervalle des deux sons transmis par le métal et par l'air, étoit exactement de 2″,5, et je n'ai trouvé aucune variation sensible dans cette quantité. Je l'ai fait observer aussi par M. Martin, sans lui donner connoissance de mon résultat, et il a trouvé la même chose. Or, à la distance de 951^{m},25 la température étoit de 11°, le tems de la transmission du son par l'air est, d'après le calcul, 2″,79 : retranchons 2″,5 intervalle des deux sons observés, il nous reste 0″,29 pour le tems de la propagation du son par le métal, sur cette étendue; et d'après le soin que j'ai mis à répéter ces observations, d'après le concours exact des cinq battemens du chronomètre, qui étoit à demi-secondes, entre l'intervalle des deux sons, je crois que l'on peut regarder ce résultat comme très-approché.

Cependant, on pourroit objecter encore que la vîtesse du son dans l'air déduite du calcul, peut bien, à cause des écarts de la tempéra-

Digitized by Google

ture, différer d'une petite quantité de celle qui avoit lieu réellement dans les tuyaux, lors de mes observations. Cela laissoit toujours quelque incertitude sur ce résultat, et sur-tout sur sa quantité précise : j'ai donc cherché à le vérifier directement d'une autre manière, et j'y suis parvenu comme on va le voir.

J'ai placé M. Martin à l'une des extrémités du canal, avec une montre à demi-secondes. Je me suis mis à l'autre extrémité avec une montre semblable, soigneusement comparée à la première, au commencement et à la fin des expériences ; comparaison qui au reste, comme on le verra tout-à-l'heure, n'influe en rien sur les résultats. Lorsque la montre de M. Martin marquoit o″ ou 30″, il frappoit un coup de marteau sur le dernier tuyau, près duquel il étoit placé, et lorsque ma montre marquoit 15″ ou 45″, je lui répondois par un coup semblable. Nous observions l'un et l'autre l'arrivée des sons qui nous étoient envoyés, et on notoit les époques. Nous avions d'ailleurs une très-grande attention à frapper juste à la seconde déterminée, et avec un peu d'habitude on y parvient très-facilement, comme le prouve la série même de nos observations. Or, quelle que soit la différence des montres, quand même

Digitized by Google

elle seroit variable, pourvu qu'elle ne change pas sensiblement dans l'intervalle de 30″, elle se détruit exactement quand on prend la moyenne de deux observations consécutives, et le résultat en devient tout-à-fait indépendant. Car, supposons que le premier chronomètre avance sur le dernier de la quantité r; soit p le tems de la propagation du son par le corps solide. Lorsque le premier observateur frappe le coup à 0″ de sa montre, l'autre lit sur la sienne $0'' - r$, et par conséquent $p - r$ indique, avant ou après 0″, l'époque à laquelle il reçoit le son. Au contraire, quand le second observateur frappe à 30″, le premier observateur marque déja $30'' + r$, et par conséquent $p + r$ indique au-delà de 30″, l'époque à laquelle il reçoit le son transmis. Les quantités $p - r$ et $p + r$ sont donc données par ces observations simultanées, et la moitié de leur somme fait de suite connoître la propagation p, indépendamment des écarts des deux montres, et plus exactement que par l'observation directe.

Dans les expériences que j'ai faites, la série des quantités $p - r$ et $p + r$ a été telle qu'on la voit dans les deux colonnes ci-jointes.

Digitized by Google

	$p-r$	$p+r$	Somme ou valeur de $2p$.
1re. série de 0h. 52′ à 0h. 59.	— 2″,0	+ 2″,5	0″,5
	2 ,0	2″,5	0 ,5
	2 ,0	2″,5	0 ,5
	2 ,0	2 ,5	0 ,5
	2 ,0	2 ,5	0 ,5
	2 ,0	2 ,5	0 ,5
	2 ,0	2 ,5	0 ,5
	2 ,0	2 ,5	0 ,5
2e. série de 1 h. 27′ à 1 h. 32.	— 2 ,8	3 ,5	0 ,7
	2″,9	3 ,5	0 ,6
	3 ,0	3 ,5	0 ,5
	2 ,9	3 ,5	0 ,6
	3 ,0	3 ,5	0 ,5
	3 ,0	3 ,5	0 ,5
	3 ,0	3 ,5	0 ,5
	2 ,9	3 ,5	0 ,6
	3 ,0	3 ,5	0 ,5
	3 ,0	3 ,5	0 ,5
	3 ,1	3 ,5	0 ,4
	Valeur moyenne de $2p$ =		0″,52
	Ce que donne la valeur de p =		0 ,26

Cette valeur diffère seulement de 0″,03 de celle que nous avons trouvée plus haut, d'après la différence des propagations, mais la dernière méthode, donnant le double de la quantité qu'il faut conclure mérite la préférence.

En ajoutant à 0″,26 qui exprime le tems de

Digitized by Google

la propagation par le corps solide, la différence 2″,5 constamment observées entre les intervalles des deux sons ; on aura le tems total de la propagation dans l'air qui sera égal à 2″,76. Ce tems calculé, d'après la longueur du tuyau, seroit 2″,79 comme on vient de le voir tout-à-l'heure, et l'accord de ces nombres qui ne diffèrent, l'un de l'autre, que de 0″,03 paroît de nature à inspirer quelque confiance dans les résultats.

Le tems de la propagation par le métal étant 0″26, tandis que celui de la propagation par l'air est 2″,79 ; il s'ensuit que le son se propage 10 fois $\frac{1}{2}$ aussi vîte par le métal de fonte que par l'air. Si cette évaluation n'est pas encore assez précise pour déterminer exactement le rapport de ces vîtesses, du moins elle suffit pour montrer de quel ordre ce rapport peut être, et quelle idée l'on en doit avoir.

En faisant ces expériences nous avons eu l'occasion d'observer plusieurs phénomènes dignes de remarque, relativement à la faculté avec laquelle les sons, même les plus foibles, se soutiennent et se propagent dans les tuyaux, à des distances où l'on s'imagineroit difficilement qu'ils puissent encore être sensibles.

Dans nos premières expériences, à la dis-

Digitized by Google

tance de 197 mètres, on s'entendoit si bien, par le tuyau, de l'un à l'autre bout, que cela devint d'abord incommode pour les expériences, parce que les moindres bruits se transmettoient ainsi de l'une à l'autre extrémité. Il n'étoit pas nécessaire de parler dans le tuyau pour être entendu, la simple conversation, à deux mètres de l'orifice, se transmettoit parfaitement, et en écrivant mes observations je demandois à M. Martin l'heure de son chronomètre comme j'aurois pu le demander à une personne qui auroit été placée à deux pas de moi. Cette manière de converser avec un voisin invisible est si singulière, que, même lorsqu'on en sait la cause, on ne peut se défendre d'en être surpris.

Dans les expériences faites par MM. Malus et Bouvard à la distance de 395 mètres on s'entendoit encore, mais bien plus difficilement. Il falloit crier très-haut, et souvent on se demandoit de répéter ce qui avoit été dit. Enfin, dans la dernière expérience, que nous tentâmes d'abord ensemble sur la longueur totale de 951 mètres, on entendoit à peine la voix en parlant avec toute la force possible. Le son du timbre et le bruit du marteau ne s'entendoient plus par l'air. Le son seul propagé par le métal paroissoit sensiblement transmis. Enfin si l'on parvenoit

Digitized by Google

encore à entendre la voix, ce n'étoit plus assez nettement pour distinguer des paroles et pour pouvoir se transmettre les avis nécessaires à la suite des observations. D'après la grande difficulté que MM. Malus et Bouvard avoient déja éprouvée sur une longueur beaucoup moindre, chacun fut porté à conclure que nous étions parvenus à la distance à laquelle la voix humaine, même la plus forte, cesse d'être sensible, dans des tuyaux.

Cependant, l'extrême facilité avec laquelle nous nous étions entendus à 200 mètres, me sembloit rendre un si grand affoiblissement tout-à-fait inexplicable. D'ailleurs, dans la théorie mathématique du mouvement de l'air, on ne voit rien qui indique que le son doive s'affoiblir dans des tuyaux cylindriques. Il paroît au contraire qu'il doit se propager indéfiniment avec la même intensité, abstraction faite de l'affoiblissement que doit peut-être produire le frottement de l'air contre les tuyaux. Pour décider enfin la question, et savoir positivement si le son s'affoiblissoit dans une proportion aussi exagérée, je résolus de détruire ou d'atténuer toutes les causes de bruit étrangères et voisines qui pouvoient couvrir le son que je voulois observer. Je me rendis au lieu de l'expérience,

Digitized by Google

seul avec M. Martin, et deux ouvriers intelligens, et je choisis pour ces expériences les heures de la nuit les plus calmes, de une heure à quatre heures du matin.

Alors il se trouva que mes conjectures étoient fondées. Non-seulement on entendit les deux sons du marteau et du timbre assez distinctement pour en observer les intervalles, tels que je les ai rapportés ; mais la voix, même la plus basse, fut entendue de manière à distinguer parfaitement les paroles et à établir une conversation suivie sur tous les objets des expériences. Je voulus déterminer le ton auquel la voix cessoit d'être sensible, je ne pus pas y parvenir : les mots dits aussi bas que quand on parle en secret à l'oreille étoient reçus et appréciés, de sorte que pour ne pas s'entendre il n'y auroit eu qu'un moyen, celui de ne pas parler du tout.

D'après cette expérience, il ne paroît pas douteux que l'on pourroit aussi transmettre et recevoir distinctement des paroles à une distance plus considérable. Entre une demande et la réponse, il n'y auroit que le tems que le son emploie à se transmettre. Pour M. Martin et moi, à la distance de 951 mètres, ce tems étoit à-peu-près de 5,58.

Nous avons aussi constaté de nouveau que

Digitized by Google

les sons graves et les sous aigus se propagent avec une égale vîtesse, ce qui est conforme à la théorie, et ce qui a été observé plusieurs fois. Des airs de flûte joués à une des extrémités du canal se transmettoient à l'autre extrémité sans altération dans les intervalles des différentes intonations. Seulement il m'a paru que les sons très-aigus ne s'entendoient pas aussi bien que les sons graves, quelquefois même lorsqu'ils étoient extrêmement aigus je les perdois entièrement; quoique j'en entendisse d'autres plus graves que, par la nature de l'air, je savois être plus foibles que les premiers (1).

J'ai aussi remarqué qu'en parlant dans le tuyau, on entend sa propre voix répétée par plusieurs échos qui se succèdent à des intervalles de tems parfaitement égaux. Dans notre

(1) Depuis la lecture de ce Mémoire, je me suis assuré que la personne qui jouoit de la flûte, ayant la poitrine très-foible, a beaucoup de peine à pousser les sons aigus, et est le plus souvent obligée de les passer absolument. Il est donc tout simple, que je ne les aie pas entendus. Mais j'ai voulu laisser subsister cette particularité de ma première rédaction, pour que l'on voie que j'ai rapporté fidèlement les moindres détails de ces phénomènes, et afin que ma véracité dans cette circonstance confirme les autres résultats que j'ai observés.

Digitized by Google

dernière expérience j'en ai compté jusqu'à six, éloignés les uns des autres à fort peu près de 0″,5. Le dernier revenoit après un peu moins de 3″, c'est-à-dire dans le tems nécessaire pour que le son se fût propagé jusqu'à l'autre extrémité du tuyau. Ces phénomènes avoient lieu également aux deux extrémités du tuyau lorsqu'on y parle. Je m'en suis assuré en priant, par le tuyau, M. Martin de les observer, sans lui communiquer mes résultats; et les siens qu'il me transmit sur-le-champ par la même route, furent parfaitemant les mêmes. Le nombre des échos et leurs intervalles sont les mêmes, le tems total est le même aussi; mais celui à qui l'on parle n'entend jamais qu'un son.

Enfin les détonations capables de produire dans l'air un ébranlement considérable se transmettent à l'autre bout du tuyau avec une intensité proportionnée à leur force. Des coups de pistolet tirés à une des extrémités occasionnoient encore à l'autre une explosion considérable. L'air étoit chassé du tuyau avec assez de force pour produire sur la main un choc très-fort, pour jeter à plus de $\frac{1}{2}$ mètre hors du tuyau des corps légers que l'on y mettoit, et pour éteindre les lumières, quoique l'on fût à 950 mètres de distance du lieu où le coup étoit parti.

Digitized by Google

MÉMOIRES
DE PHYSIQUE
ET DE CHIMIE,
DE LA SOCIÉTÉ D'ARCUEIL.

TOME SECOND.



PARIS,

MAD. Ve. BERNARD, QUAI DES AUGUSTINS.

M. DCCC. IX.

Digitized by Google

TABLE
DES MATIÈRES.

Pages.

De l'action des acides végétaux sur l'alcool, sans l'intermède et avec l'intermède des acides minéraux ; par M. Thenard. 5

Essai sur la combinaison des acides avec les substances végétales et animales, par M. Thenard. 23

Observations sur les proportions des élémens de quelques combinaisons, par M. C.-L. Berthollet. 42

*Nouvelles observations sur les gaz inflammables, désignés par les noms d'*hydrogène carburé *et d'*hydrogène oxicarburé, *par* M. C.-L. Berthollet. 68

Expériences sur la production du son dans les vapeurs, par M. Biot. 94

Note sur la direction des tiges des plantes vers la lumière, par M. Decandolle. 104

Sur le mouvement de la lumière dans les milieux diaphanes, par M. Laplace. 111

Digitized by Google

Pages.

Sur une propriété de la lumière réfléchie, *par* M. Malus. 143

Mémoire sur le rapport qui existe entre l'oxidation des métaux et leur capacité de saturation par les acides, *par* M. Gay-Lussac. 159

Mémoire sur l'analyse comparée de l'arragonite et du carbonate de chaux rhomboïdal, avec des expériences sur l'action que ces substances exercent sur la lumière, *par* MM. Thenard *et* Biot. 176

Mémoire sur la combinaison des substances gazeuses, les unes avec les autres, *par* M. Gay-Lussac. 207

Sur la vapeur nitreuse, et sur le gaz nitreux considéré comme moyen eudiométrique, *par* M. Gay-Lussac. 235

Sur une propriété des forces répulsives qui agissent sur la lumière, *par* M. Malus. 254

Mémoire sur l'analyse de l'ammoniaque, *par* M. A.-B. Berthollet. 268

Extrait des Mémoires lus à l'Institut depuis le 7 mars 1808 *jusqu'au 27 février* 1809, *par* MM. Gay-Lussac *et* Thenard. 295

Recherches sur la respiration des poissons, *par* MM. Provençal *et* Humboldt. 359

Digitized by Google

Pages.

Expériences sur la propagation du son à travers des corps solides et à travers l'air dans des tuyaux très-éloignés, par M. Biot. 405

Sur le sulfure de plomb, par M. Descostils. 424

Notes sur divers objets, par M. C.-L. Berthollet. 440

I. *Sur la chaleur produite, par le choc et la compression.* *ibid.*

II. *Sur les bézoards orientaux.* 448

III. *Sur les changemens que la respiration produit dans l'air.* 454

IV. *Sur le mélange réciproque des gaz.* 463

V. *Sur les rapports de quantité dans les élémens des combinaisons.* 470

VI. *Sur l'azote retiré du charbon par l'action de la chaleur.* 484

Addition au Mémoire inséré dans le premier volume, sur l'air contenu dans la vessie natatoire des poissons, par M. Biot. 487

Note sur la combinaison des matières végétales et animales avec les acides, par M. Thenard. 492

Fin de la Table des matières.

Digitized by Google

La Société est composée de MM.

LAPLACE.
C.-L. BERTHOLLET.
BIOT.
GAY-LUSSAC.
HUMBOLDT.
THENARD.
DECANDOLLE.
COLLET-DESCOSTILS.
A.-B. BERTHOLLET.
MALUS.

Arcueil, 7 juin 1809.

Digitized by Google



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`