TROISIÈME PARTIE

ACOUSTIQUE

CHAPITRE UNIQUE

Le Son.

§ I. — NATURE ET PROPAGATION DU SON.

174. *Qu'est-ce que le* SON ? — En lui-même ou *objectivement,* le son est un *mouvement vibratoire rapide* et *sensible* excité au sein des corps ; dans celui qui l'entend, ou *subjectivement,* le son est cette sensation spéciale perçue par l'oreille sous l'influence du mouvement vibratoire moléculaire transmis jusqu'à elle.

175. *Quel est l'*AGENT PRINCIPAL *de la* TRANSMISSION *du* SON ? — L'air atmosphérique, qui entre lui-même en vibration au contact du corps dont les molécules, en vibrant, ont engendré le son, et fait sentir ses vibrations à notre oreille.

176. *Avec quelle* VITESSE *le son se propage-t-il dans l'air?* — Le son parcourt 340 mètres environ par seconde dans l'air, à la température de 16 degrés, et sous la pression de 76 centimètres.

177. *Si aucun obstacle ne l'arrête, comment se propage le son et suivant quelle loi ?* — Si aucun obstacle n'arrête le son, il se propage en tous sens, et sphériquement, c'est-à-dire que, pour tous les points à égale distance de l'ébranlement du corps sonore, l'intensité du son est la même. Cette intensité, en outre, varie en raison inverse du carré des distances, c'est-à-dire qu'à une distance double, triple, etc., l'intensité du son est quatre fois, neuf fois, etc., plus faible.

178. *Quelles sont les circonstances qui influent sur la vitesse de propagation du son dans l'air?* — Elle augmente si l'air devient plus dense ; elle diminue si l'air devient moins dense ; elle est plus grande, à densité égale de l'air, si la température est plus élevée ; le vent l'augmente ou la diminue aussi dans une certaine proportion, suivant qu'il souffle dans le sens de la propagation ou en sens contraire.

179. *Le vent a-t-il aussi une influence sur l'*INTENSITÉ *du son ?* — Oui : par certains vents, ou lorsqu'ils sont aidés par le vent, des sons qu'on n'entend pas ordinairement, comme le son d'une cloche lointaine, ou du sifflet d'un chemin de fer, s'entendent très distinctement; c'est même à ce signe qu'on reconnaît que la direction du vent n'est plus la même, et qu'on peut, jusqu'à un certain point, prévoir les changements de temps.

180. *Pourquoi, lorsque le vent souffle, entend-on des sons, les sons d'une cloche lointaine, par exemple, ou du sifflet d'un chemin de fer, qu'on n'entend pas ordinairement quand le temps est calme, ou quand le vent souffle dans d'autres directions ?* — Parce que le vent,

qui modifie peu la vitesse de propagation du son, modifie considérablement, au contraire, la forme de ce qu'on appelle l'*onde sonore*, ou de la surface formée de tous les points où l'intensité du son propagé est la même à un instant donné. Si l'atmosphère est calme, le son se propage sphériquement, c'est-à-dire que l'onde sonore est une sphère ; si, au contraire, le vent souffle, l'onde sonore prendra une forme irrégulière, très allongée dans la direction suivant laquelle le vent souffle. Cette explication est, au reste, très incomplète, et le phénomène dont il est ici question reste entouré de mystère.

181. *Pourquoi les* SONS *sont-ils très* FAIBLES *au sommet d'une haute* MONTAGNE? — Parce que : 1° l'*air y est très raréfié*, et que le son perd rapidement de son intensité à mesure qu'il se propage dans un milieu de plus en plus raréfié ; 2° il y a absence de corps solides, dont la *résonance* puisse augmenter le son.

182. *Pourquoi les sons les plus* FAIBLES *sont-ils* INTENSES *et parfois même douloureux sous une* CLOCHE A PLONGEUR? — Parce que : 1° l'*air y est très condensé* à cause de la pression qu'exerce la colonne d'eau sur l'air de la cloche ; 2° la *résonance* des parois de la cloche ou les réflexions successives d'une paroi à l'autre, augmentent à un haut degré l'intensité du son.

183. *Comment peut-on* SAVOIR *que l'air* RARÉFIÉ *est un* MAUVAIS *transmetteur du son?* — Si, sous le récipient de la machine pneumatique, on dépose, sur un coussinet de laine, un mouvement d'horlogerie à détente, muni d'un timbre, et que l'on fasse le vide, on *n'entend plus rien*, quoique le marteau frappe le timbre ; au contraire, le son devient de plus en plus intense à mesure qu'on laisse entrer l'air.

L'expérience se fait plus simplement avec un ballon, au goulot duquel on attache, au moyen d'une ficelle, une clochette qui pend dans l'intérieur : si le ballon est plein d'air et qu'on l'agite, la clochette fait entendre des sons. Si, au contraire, le ballon est vide d'air, on a beau l'agiter, la cloche ne rend plus aucun son.

184. *Pourquoi entend-on plus distinctement en* HIVER *qu'en été les horloges et les cloches éloignées?* — Parce que l'*air en hiver est plus dense*, et que le son est d'autant plus *intense* que l'air est plus *condensé*.

185. *Pourquoi entend-on plus distinctement les sons quand il* GÈLE *que pendant le dégel?* — Parce que l'*air est plus dense quand il gèle*.

186. *Pourquoi entend-on dans les régions* POLAIRES *la voix humaine à une distance d'un ou deux kilomètres?* — Parce que : 1° l'air y est très *condensé* par le froid; 2° il est très *tranquille*, et par conséquent les ondes sonores ne rencontrent que très peu d'obstacles; 3° la surface du sol, *durci par la gelée*, éteint moins le son et contribue à le propager.

Le capitaine Ross a entendu dans les régions polaires la voix de quelques hommes à la distance d'environ 2 kilomètres. Le lieutenant Forster eut des entretiens avec un homme à travers le havre de Port-Bowen, dans la mer glacée du Nord, à une distance de 1 kilomètre et demi.

187. *Pourquoi entend-on les sons plus distinctement pendant la* NUIT *que pendant le jour?* — Parce que, pendant la nuit, l'*air est* : 1° *plus dense*, puisqu'il se

refroidit après le coucher du soleil; 2° moins agité par des *courants accidentels*, ou plus *calme*.

188. *Comment un* CORNET ACOUSTIQUE *fait-il entendre un* SOURD ? — Parce que le cornet, par son large pavillon, *recueille* ou *rassemble* un plus grand nombre de vibrations sonores, et les conduit, de plus en plus *condensées* dans leur passage à travers son *tube conique*, jusqu'au tympan de l'oreille; lorsqu'il est ainsi renfermé dans un tube, l'air perd beaucoup moins de son mouvement vibratoire. Le cornet acoustique est, par rapport au son, ce qu'une lentille est par rapport à la lumière.

189. *Qu'est-ce qu'un* PORTE-VOIX ? — Un tuyau conique, largement évasé, dans lequel on parle en plaçant la petite extrémité contre la bouche.

190. *Pourquoi la voix se fait-elle entendre au* LOIN *lorsqu'on se sert d'un* PORTE-VOIX ? — Parce que : 1° l'air contenu dans un tuyau est plus facilement et plus fortement ébranlé; 2° les parois du porte-voix empêchent les rayons sonores de diverger, et les réfléchissent de telle manière qu'ils sortent réunis en un faisceau unique parallèle à l'axe de l'instrument.

Souvent on substitue au tube évasé du porte-voix un tube simplement cylindrique, dans lequel le son se propage sans perte sensible ; on l'arme de deux pavillons à ses extrémités ; celui qui parle applique la bouche à l'un des pavillons, celui qui écoute applique son oreille à l'autre; on communique ainsi sans peine, d'un appartement à l'autre ; en le rendant flexible ou élastique, le tube peut suivre tous les détours de l'édifice.

191. *La* VITESSE DE PROPAGATION *est-elle sensiblement la même pour* TOUS *les sons?* — Oui : les sons *forts* ne se propagent pas sensiblement plus vite que les sons *faibles*, ni les sons *aigus* plus vite que les sons *graves*.

192. *Comment s'assure-t-on que les sons forts ne se propagent pas plus* VITE *que les sons faibles, ni les sons aigus plus vite que les sons graves?* — En remarquant que l'ordre des différentes notes d'un concert est parfaitement conservé, à quelque distance qu'on soit de la musique : un air de flûte restait exactement le même quand on l'entendait à l'autre extrémité d'un tube de plusieurs kilomètres; les sons faibles ou forts, aigus ou graves, se produisaient dans le même ordre, aux mêmes intervalles et avec des intensités proportionnelles.

193. *Comment peut-on se servir de la vitesse du son pour* MESURER *approximativement les distances ?* — Comme le son ne parcourt que 340 mètres par seconde, tandis que la lumière traverse un espace égal dans un temps inappréciable, on peut mesurer approximativement la distance d'un objet éloigné, en observant la différence de temps qui s'écoule entre l'apparition de la lumière et la perception du bruit d'un pistolet tiré près de cet objet.

194. *Donnez un exemple.* — Si un vaisseau en mer tire un coup de canon, qu'il s'écoule 10 secondes entre *la lumière et le bruit*, l'observateur *placé sur le rivage* peut conclure que le vaisseau est à une distance de 3,400 mètres. C'est en comptant le nombre de secondes qui s'écoulent entre l'apparition de l'éclair et le reten-

tissement du tonnerre qu'on estime la distance des nuages orageux.

La lumière du canon arrive instantanément, elle ferait 80 fois le tour du globe, dont la circonférence est d'environ 36 000 kilomètres dans l'espace de temps que le son met à franchir celle de 3,400 mètres.

195. *Lorsqu'on est entièrement* PLONGÉ *dans l'eau, pourquoi entend-on les bruits qui se produisent sur le* RIVAGE ? — Parce que le son se transmet de l'air à l'eau, et se propage à travers l'eau comme à travers l'air; la propagation dans l'eau est même plus rapide que la propagation dans l'air, de sorte que l'observateur plongé dans l'eau percevrait un bruit produit à distance plus tôt que l'observateur placé sur le rivage.

La vitesse moyenne du son dans l'air est de 340 mètres par seconde : dans l'eau, elle est de 4,455 mètres environ.

196. *Si l'on frappe, sous l'eau, deux* PIERRES *l'une contre l'autre, pourquoi une personne placée sur le* RIVAGE *peut-elle entendre le choc?* — Parce que le son se transmet facilement de l'eau dans l'air, de même que de l'air dans l'eau.

197. *Prouvez que les corps* SOLIDES *transmettent le son?* — 1° Un son un peu fort pénètre dans un appartement, *quelque bien fermé qu'il soit;* 2° une *cloison* transmet le faible son de la voix; 3° un coup donné sur le mur le plus épais s'entend de l'*autre côté;* 4° une poutre très longue transmet d'un bout à l'autre le bruit léger produit par le frottement d'une *épingle.*

198. *Pourquoi la* LAINE, *le* COTON, *une couche de* TAN *ou de* SCIURE DE BOIS, *etc.,* AMORTISSENT-*ils le son?* — Parce que ces substances sont composées de particules très divisées et séparées les unes des autres; le son, pour la transmission de ses vibrations, exige avant tout un milieu continu; les vibrations sonores sont vite éteintes lorsqu'elles rencontrent des corps mous et excessivement divisés. Un verre très sonore lorsqu'il est rempli d'air ou d'eau, ne rend presque plus de son quand il est rempli de champagne mousseux; le son s'éteint en se transmettant à travers le milieu du contenu du liquide et de gaz acide carbonique.

199. *Comment doit-on faire les* CLOISONS *pour empêcher le son de se propager d'un appartement dans un autre?* — On doit mettre dans l'épaisseur des cloisons une *couche de tan ou de sciure de bois, ou mieux, d'algues marines ininflammables,* etc.; aucun son ordinaire ne peut alors se transmettre d'un appartement dans un autre.

200. *Pourquoi entend-on très bien une* MONTRE, *même lorsqu'on se* BOUCHE *les* OREILLES, *pourvu qu'on l'applique sur une partie quelconque de la tête ou contre les dents?* — Parce que les solides du corps humain sont *bons conducteurs du son.*

201. *Pourquoi le* BATTEMENT *d'une montre se fait-il entendre plus* FORT *lorsqu'on la place sur une* TABLE *que lorsqu'on la met dans la poche ou lorsqu'on la suspend isolée?* — Parce que le bruit des battements de la montre, réfléchi et renforcé par la résonance de la table qui vibre à l'unisson, prend une intensité plus grande.

202. *Les solides transmettent-ils les sons plus* RAPIDEMENT *que l'air?* — Oui : un coup de pistolet tiré à l'extrémité d'un long tuyau de métal est presque *immédiatement* perçu par l'oreille en contact avec le métal à l'autre extrémité du tube, tandis que le son transmis par l'*air* n'arrive que peu après.

§ 2. — LE SON MUSICAL.

203. *Qu'est-ce que le son* MUSICAL? — Une *série de vibrations identiques, régulières ou isochrones,* se succédant assez rapidement pour que la sensation perçue par l'oreille soit continue.

204. *Que faut-il* DINSTINGUER *dans un* SON? — Son *ton,* son *intensité* et son *timbre;* le *ton*, ce qui fait que le son est grave ou aigu, dépend du nombre plus ou moins grand de vibrations dans un temps donné : le son est d'autant plus grave que le nombre de ses vibrations est plus petit, d'autant plus aigu que le nombre de ses vibrations est plus grand. L'*intensité*, qui fait que le son est fort ou faible, dépend de la vigueur des vibrations, ou de l'amplitude plus ou moins grande des excursions des molécules vibrantes. Le *timbre* est une qualité particulière communiquée au son par l'instrument ou l'appareil qui le rend, et par laquelle on distingue l'un de l'autre deux sons de même ton et de même intensité.

205. *Comment les sons musicaux se distinguent-ils les uns des autres, et quels noms donne-t-on à la série de ces sons?* — Les sons musicaux se distinguent par leurs nombres relatifs de vibrations à la seconde, et leur série forme plusieurs gammes successives.

206. *De combien de sons principaux se compose chaque gamme?* — De sept : *ut* ou *do, ré, mi, fa, sol, la, si.*

Les nombres relatifs de vibrations dans la gamme d'*ut*, sont :

	UT	RÉ	MI	FA	SOL	LA	SI	UT *octave.*	
	1	9/8	3/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2	
ou :	24	27	30	32	36	40	45	48	en nombres entiers.

Les nombres absolus de vibrations dans la gamme d'*ut* pour l'octave qui contient le *la* du diapason de l'Opéra de Paris, *ut* qui s'appelle ut_3 sont :

UT_3	$RÉ_3$	MI_3	FA_3	SOL_3	LA_3	SI_3	UT_4
528	594	660	704	792	880	990	1056
fondamental		tierce	quarte	quinte			octave.

La moitié de ces nombres donne l'octave au-dessous, ut_2

UT_2	$RÉ_2$	MI_2	FA_2	SOL_2	LA_2	SI_2	UT_3 *octave.*
264	297	330	352	396	440	495	528

L'*ut* le plus grave du violoncelle, qui est en même temps celui d'un piano a six octaves, fait soixante-six vibrations par seconde; par conséquent il est ut_1. Voici les nombres de cette gamme :

UT_0	$RÉ_0$	MI_0	FA_0	SOL_0	LA_0	SI_0	UT_1 *octave.*
66	74	82	88	99	110	124	132

La moitié d'une octave quelconque donne le nombre des vibrations de l'octave *au-dessous*, tandis que le double donne les nombres de vibrations par seconde de l'octave *au-dessus*. L'*ut* le plus aigu d'un piano à six octaves fait 2,112 vibrations par seconde ; par conséquent il est ut_5.

L'oreille humaine peut percevoir des sons dont les nombres de vibrations varient de 16 à 48 000 par seconde.

Il suffit de multiplier le nombre de vibrations d'une note naturelle par 25/24 pour dièser un son, et par 24/25 pour le bémoliser. Ainsi, si une note naturelle fait 24 vibrations par seconde, le dièse en fait 25; au contraire, si une note naturelle fait 25 vibrations par seconde, le bémol n'en fait que 24.

207. *Pourquoi un* VIOLON *est-il trop* BAS *quand les cordes ne sont pas tendues suffisamment?* — En général, le son rendu par une corde vibrante est d'autant plus

grave qu'elle est plus grosse, plus longue et moins tendue; d'autant plus aigu qu'elle est plus mince, plus courte et plus tendue. Voilà pourquoi les sons du violon sont trop bas quand les cordes sont lâches.

208. *Pourquoi les sons du violon deviennent-ils trop* HAUTS *dans une salle* REMPLIE *de monde?* — Parce que les vapeurs humides et chaudes de la salle, s'insinuant entre les fibrilles des cordes, les grossissent et les raccourcissent: le son rendu est alors plus élevé.

209. *Pourquoi rend-on une note plus* AIGUË *en* TENDANT *plus fortement la corde sans changer sa longueur?* — Parce qu'on rend ainsi plus *rapides* les vibrations de la corde, et que plus le nombre des vibrations est rapide, plus le son de la corde est aigu.

Les nombres de vibrations d'une corde sont proportionnels aux racines carrées des poids qui la tendent, c'est-à-dire que, si l'on représente par 1 le nombre de vibrations d'une corde qui est tendue par un poids 1, ce nombre de vibrations, dans le même temps, deviendra 2, 3, 4, etc., quand on tendra la même corde par des poids 4, 9, 16.

210. *Pourquoi certaines cordes d'une harpe ou d'un piano sont-elles plus* COURTES *que certaines autres?* — Parce qu'il s'agit d'obtenir à la fois des sons graves et des sons aigus. Les cordes les plus longues donnent les sons graves, les cordes les plus courtes donnent les sons les plus aigus.

Le nombre des vibrations d'une corde est en raison inverse de sa longueur, c'est-à-dire que, si une corde de 1 mètre de long fait un nombre de vibrations représenté par 1, lorsqu'on fera vibrer seulement la moitié de sa longueur, elle fera des vibrations dont le nombre sera représenté par 2; lorsqu'on fera vibrer un tiers de sa longueur, elle fera, dans le même temps, des vibrations dont le nombre sera représenté par 3, etc.

211. *Pourquoi un violoniste* DÉMANCHE-*t-il continuellement?* — Le violoniste démanche pour faire rendre à son instrument, en raccourcissant les cordes, des sons plus aigus que ceux qu'il obtient quand ses doigts pressent les cordes sur le manche; il augmente ainsi la portée, ou la gamme naturelle de son violon.

212. *Pourquoi certaines cordes d'une harpe, d'un piano, d'un violon, etc., sont-elles plus* GROSSES *que certaines autres?* — Parce qu'il est plus facile d'obtenir des sons graves avec une corde d'un diamètre plus gros, que de les obtenir en donnant à la corde plus mince une longueur démesurée.

Si l'on prend deux cordes, dont l'une ait une épaisseur double de l'autre, qu'on les tende par un *même poids*, et qu'on leur donne une *longueur égale*, la plus mince fera dans le même temps *deux fois* plus de vibrations que la plus grosse.

213. *Pourquoi les cordes de harpe et de violon se* ROMPENT-*elles souvent lorsqu'il fait* MAUVAIS *temps?* — Parce que l'humidité de l'air, en augmentant le diamètre des cordes et les raccourcissant, augmente aussi leur tension; elles se rompent alors comme si on les tendait trop en agissant sur les chevilles ou sur les clefs.

214. *Pourquoi la résonance simultanée de certains sons* PLAÎT-*elle à l'oreille, tandis que la résonance simultanée de certains autres sons produit une sensation désagréable?* — La consonance qui plaît à l'oreille se compose de sons dont les vibrations coïncident *à de très courts intervalles,* ou dont les nombres de vibrations sont entre eux dans un rapport simple. Au contraire, on éprouve une sensation désagréable lorsqu'on entend simultanément deux sons dont les vibrations ne

coïncident *jamais* ou coïncident rarement, parce que leurs nombres de vibrations sont dans un rapport compliqué.

On peut comparer la consonance à la marche régulière d'une armée, où le bruit des pas est simultané. Au contraire, une dissonance ressemble au bruit confus d'une foule désordonnée.

215. *Quelles sont les* CONSONANCES *les plus* PARFAITES ? — Celle de l'*unisson,* puis celle de l'*octave.* Dans le premier cas, les vibrations vont toujours ensemble ; dans l'accord d'octave, les nombres de vibrations se rencontrent de deux en deux, l'oreille les unit sans peine.

216. *Quelles sont les consonances les plus agréables après celle de l'octave?* — 1° La *quinte* à l'*octave, ut,* et *sol,* dont les nombres de vibrations sont entre eux comme 1 est à 3, et se rencontrent de trois en trois ; 2° la *quinte, ut-sol,* dont les nombres de vibrations sont comme 2 est à 3; 3° la *quarte, ut-fa,* dont les nombres de vibrations sont comme 4 est à 5. Au delà de ces rapports simples il n'y a plus consonance, il y a plus ou moins dissonance, et les dissonances ne peuvent être acceptées que comme transition pour préparer l'oreille à un accord.

217. *Qu'appelle-t-on* ACCORD PARFAIT? — La résonance simultanée du son fondamental, la tierce, la quinte et l'octave, *ut-mi-sol-ut, fa-la-ut-fa,* dont les nombres de vibrations sont entre eux comme les nombres simples 4, 5, 6, 8.

218. *Pourquoi certaines substances sont-elles* SONORES, *tandis que d'autres ne rendent aucun son?* — Parce qu'il est des corps dont les molécules entrent plus ou moins facilement en vibration. En général, les substances sonores sont *dures et élastiques,* comme le cuivre et le fer ; les substances *molles et non élastiques,* comme le plomb, ne sont pas ou sont très peu sonores.

219. *De quoi se compose le métal des cloches?*—De *cuivre et d'étain,* dans les proportions suivantes : 4 parties de cuivre contre 1 partie d'étain. Ce mélange est beaucoup plus sonore que les métaux purs.

Certaines cloches contiennent un peu de zinc, et certaines autres une quantité plus ou moins grande d'argent.

220. *De quoi* DÉPEND *le* SON *d'*UNE *cloche ou quelle est la* RAISON *de sa grande* SONORITÉ ? — Le son de la cloche dépend à la fois : 1° de la nature de l'alliage qui a servi à la fondre et qui est sonore par lui-même; 2° de sa forme. La cloche vibre moléculairement ou dans ses molécules, et dans son ensemble. Sous le choc du battant, elle perd sa forme sphérique ; le diamètre s'allonge dans le sens de la percussion et se raccourcit dans le sens perpendiculaire ; puis, en vertu de l'élasticité du métal, elle revient à sa position d'équilibre et la dépasse ; le diamètre allongé devient le diamètre raccourci ; les oscillations de masse se continuent tant qu'on met la cloche en branle, en même temps que les vibrations moléculaires ; et il en résulte pour l'air un mouvement vibratoire intense et un grand retentissement.

221. *Pourquoi* EMPÊCHE-*t-on le son d'une sonnette en la touchant avec le* DOIGT? — Parce que la pression

du doigt devient un obstacle à la continuation du mouvement vibratoire.

222. *Pourquoi une* CLOCHE FÊLÉE *rend-elle un son désagréable?* — Parce que le mouvement oscillatoire de masse est contrarié et interrompu par les fentes ou fêlures ; il n'a donc plus la régularité, condition essentielle de la consonance.

223. *Comment les* CORDES *d'un piano, d'un violon, d'une harpe, etc., produisent-elles des sons lorsqu'on les* TOUCHE, *ou qu'on les frotte avec l'archet?* — Pincées par les doigts, frappées par les touches ou frottées par l'archet, les cordes se déplacent et s'allongent: elles reviennent ensuite à leur position d'équilibre, se raccourcissent et se déplacent en sens contraire ; il y a pour elles, comme pour la cloche, double mouvement, vibrations des molécules et oscillation de la masse, qui se communique à l'air et produit le son. Les sons des cordes seraient par eux-mêmes assez faibles; mais ils sont renforcés par les tables d'harmonie ou les caisses de l'instrument, piano, violon, harpe, guitare, etc., qui vibrent à leur tour ; les sons prennent alors un grand développement.

224. *D'où vient le* FRÉMISSEMENT *que font entendre les vitres des fenêtres au-dessous desquelles passent des voitures ?* — Ce frémissement est dû aux *vibrations* que l'air et les murs du bâtiment communiquent aux vitres, sonores par elles-mêmes.

225. *A quoi sont dus les sons des instruments* A VENT, *tels que la flûte, le flageolet, etc.?* — Les sons des instruments à vent sont dus aux *vibrations de la colonne d'air que les tuyaux renferment,* et non aux tuyaux eux-mêmes ; ces instruments, par conséquent, donnent toujours la même note si leurs dimensions restent les mêmes, qu'ils soient en buis, en ébène ou en cristal, etc.; le timbre seul est plus ou moins modifié.

226. *Lorsqu'on touche une* SONNETTE *avec le doigt, on en arrête sur-le-champ les vibrations : pourquoi, en touchant une* FLUTE, *n'empêche-t-on pas les sons qu'elle rend?* — Parce que les sons de la flûte ne sont pas dus aux vibrations de l'*instrument même,* comme ceux d'une cloche ou d'une sonnette, mais aux vibrations de la *colonne d'air* que la flûte renferme.

227. *Comment établit-on des* VIBRATIONS *dans la colonne d'*AIR *du tuyau d'un instrument à vent?* — L'air insufflé dans l'anche ou l'embouchure, et introduit dans l'instrument, à un certain état de compression, condense, fait vibrer et déplace la colonne d'air; cette colonne, en vertu de son élasticité, se dilate ensuite et revient à sa position première; une nouvelle insufflation reproduit ce double mouvement oscillatoire et vibratoire; ces oscillations et ces vibrations, ces condensations et ces dilatations répétées et successives produisent le son.

228. *Pourquoi débouche-t-on successivement les* TROUS *d'une* FLUTE *pour obtenir les notes successives?* — Pour faire que la colonne d'air se partage en un plus ou moins grand nombre de colonnes partielles vibrant ensemble, et produisant un son plus grave si le nombre des colonnes a diminué, un son plus aigu si le nombre des colonnes a augmenté; le son rendu par une colonne d'air est d'autant plus grave qu'elle

est plus longue, d'autant plus aigu que la colonne est plus courte.

229. *Pourquoi place-t-on sa* MAIN *dans le pavillon d'un* COR ? — Pour *modifier les sons*. La main gêne un peu le mouvement vibratoire de la colonne d'air et rend plus grave la note produite.

230. *Pourquoi les* POÊLES *font-ils entendre quelquefois un son ?* — Parce que l'air appelé par le tirage du poêle est forcé de pénétrer à travers les jointures étroites des portes, qui font l'effet d'une anche ou d'une embouchure, tandis que le poêle lui-même fait l'office de tuyau et rend ainsi un son en général assez grave.

231. *Pourquoi le* VENT *produit-il un son aigu lorsqu'il siffle entre les* FENTES *d'une* PORTE *ou d'une* FENÊTRE ? — Par la même raison ; les fentes font à leur tour fonction d'embouchure ou d'anche ; l'air que le vent chasse par elles sort comprimé et met en vibration la masse d'air située de l'autre côté, lorsqu'elle remplit certaines conditions. Les sons ainsi produits naturellement par le vent s'appellent *éoliens*. En disposant convenablement sur le passage du vent des fentes ou des fils tendus, on obtient ce qu'on appelle des *harpes éoliennes*. Les fils du télégraphe électrique rendent souvent des sons mystérieux qui s'expliquent facilement par ce qui précède.

232. *Expliquez comment se produit le* SIFFLEMENT *avec la bouche ou par les doigts*. — Les lèvres serrées ou les fentes des doigts, sont de véritables embouchures.

233. *Expliquez comment les tuyaux d'*ORGUE *produisent des sons*. — Ces tuyaux sont terminés par une *languette* qui ne laisse à l'air qu'un passage fort étroit. Quand le vent du soufflet entre dans le tuyau, cette lame flexible, pressée de dedans en dehors, vient fermer l'ouverture, et le courant d'air est ainsi suspendu un instant. La languette, par son élasticité, revient à sa position première et laisse encore le passage libre. Ces mouvements, qui se succèdent avec grande rapidité, impriment à la *colonne d'air* des vibrations sonores. Dans les tuyaux dits de flûte, l'anche est remplacée par un tranchant en talus. La longueur plus ou moins grande des tuyaux fait le reste, c'est-à-dire qu'elle détermine la gravité et l'acuïté des sons : les longs tuyaux donnent les sons graves, les tuyaux courts donnent les sons aigus.

234. *Qu'est-ce que la voix humaine ?* — Un son produit par un véritable instrument à vent, dans lequel le *larynx* remplit la fonction de tuyau ; la *glotte* et les cordes vocales, la fonction d'anche ; le *pharynx*, la *bouche*, etc., la fonction de caisse d'harmonie ou de tuyau renforçant. L'élasticité merveilleuse des membranes qui forment les parois des tubes producteurs du son supplée à la longueur, et ils peuvent rendre des sons beaucoup plus graves que les sons théoriques. L'élasticité et les dimensions des organes, en outre, varient avec le sexe et avec l'âge, et l'on comprend ainsi comment la voix des enfants et des femmes peut être plus aiguë que celle des hommes.

235. *Pourquoi les* ENFANTS *et les* FEMMES *ont-ils la voix plus* AIGUË *que les* HOMMES ? — Parce que les *organes vocaux* des enfants et des femmes sont, en gé-

néral, *plus courts, plus petits,* que ceux des hommes.

L'étendue de la voix d'homme est en général de deux octaves, de sol_2 *à* sol_4. Les nombres de vibrations correspondants son 396 (sol_2) et 1,585 (sol_4).

La voix de femme monte du $ré_3$ à l'ut_5, notes auxquelles correspondent 594 ($ré_3$) et 2,122 (ut_5) vibrations.

§ 4. — L'ÉCHO.

236. *Qu'est-ce que l'*ÉCHO ? — L'écho n'est que le résultat de la *réflexion du son* lorsqu'il rencontre un obstacle fixe assez éloigné.

237. *La* VITESSE *du son répété est-elle la même que celle du son direct?* — Oui, la vitesse du son reste la même, parce que le milieu dans lequel il se propage ne change pas.

238. *A quelle* DISTANCE *doit se trouver l'*OBSTACLE *pour qu'il fasse* ÉCHO ? — Au moins à 17 mètres, afin qu'entre le son envoyé et le son revenu il y ait un dixième de seconde, durée minimum de l'intervalle qui sépare deux syllabes.

239. *Quel* TEMPS *s'écoule entre la* PRODUCTION *du son et sa* RÉPÉTITION ? — Ce temps dépend de la distance de l'obstacle : il sera de deux secondes, si l'obstacle est à 340 mètres : une seconde pour l'aller, une seconde pour le retour.

240. *Quels sont les obstacles les plus* PROPICES *à la production d'un écho ?* — Les parois des cavernes et des grottes, des passages longs et tortueux, les nefs et

les voûtes des cathédrales, les murs, les rochers, les montagnes et les bancs de glace.

La réflexion du son peut se faire contre un massif de feuillage, contre les voiles des navires, et même contre les nuages et contre les courants de l'air. Il est très probable que le roulement qui suit un coup de canon, comme celui du tonnerre, provient en partie de la réflexion du son sur les nuées, car on a remarqué que ce roulement ne s'entendait que lorsqu'il y avait quelques nuages.

241. *Pourquoi les* CLOISONS *d'un appartement ne produisent-elles pas un écho?* — Parce que leur distance est trop petite ; le son réfléchi *se confond sensiblement avec le son émis,* et le prolonge sans le répéter.

242. *Pourquoi les parois des nefs et des voûtes des cathédrales produisent-elles des échos?* — Parce que, dans ces vastes édifices, les parois sont à des distances assez grandes pour répéter distinctement les sons. Ces échos ont souvent un inconvénient assez grave, car ils empêchent que les orateurs puissent se faire bien entendre, ou s'entendent distinctement eux-mêmes.

243. *Pourquoi certains* ÉCHOS *rendent-ils une* SEULE *syllabe, tandis que d'autres en renvoient deux ou* PLUSIEURS ? — Si la surface qui fait écho est *près de celui qui parle,* elle renverra *seulement une syllabe;* si, au contraire, la surface réfléchissante est *très éloignée,* on en entendra *deux ou plusieurs.* A la distance de 340 mètres, un écho pourra répéter sept ou huit syllabes.

Il y a près de Nancy un écho qui redit un vers alexandrin tout entier.

244. *Pourquoi entend-on quelquefois des échos* MUL-