


781.1
M622t
1920



*Bibliothèque
et Archives
nationales*

Québec 





UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

TRAITÉ D'ACOUSTIQUE

A L'USAGE DU

Conservatoire National de Musique

PAR

OSWALD MICHAUD



EDITEUR

EDMOND ARCHAMBAULT ENRG.

312-316, rue Ste-Catherine, Est

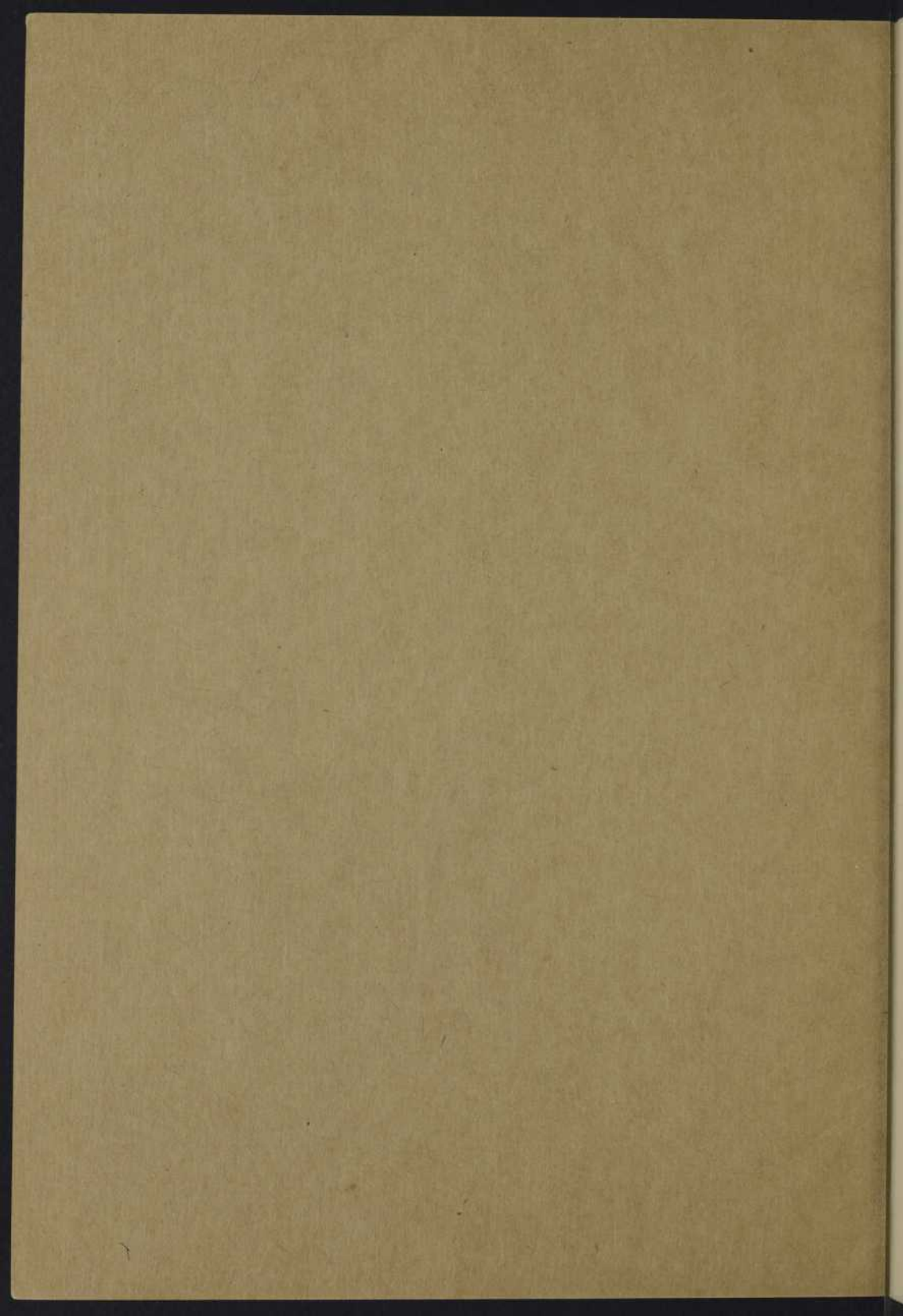
MONTREAL

VENDU PAR

Raoul Vennat Enr'g.

3770, rue S.-Denis

MONTREAL



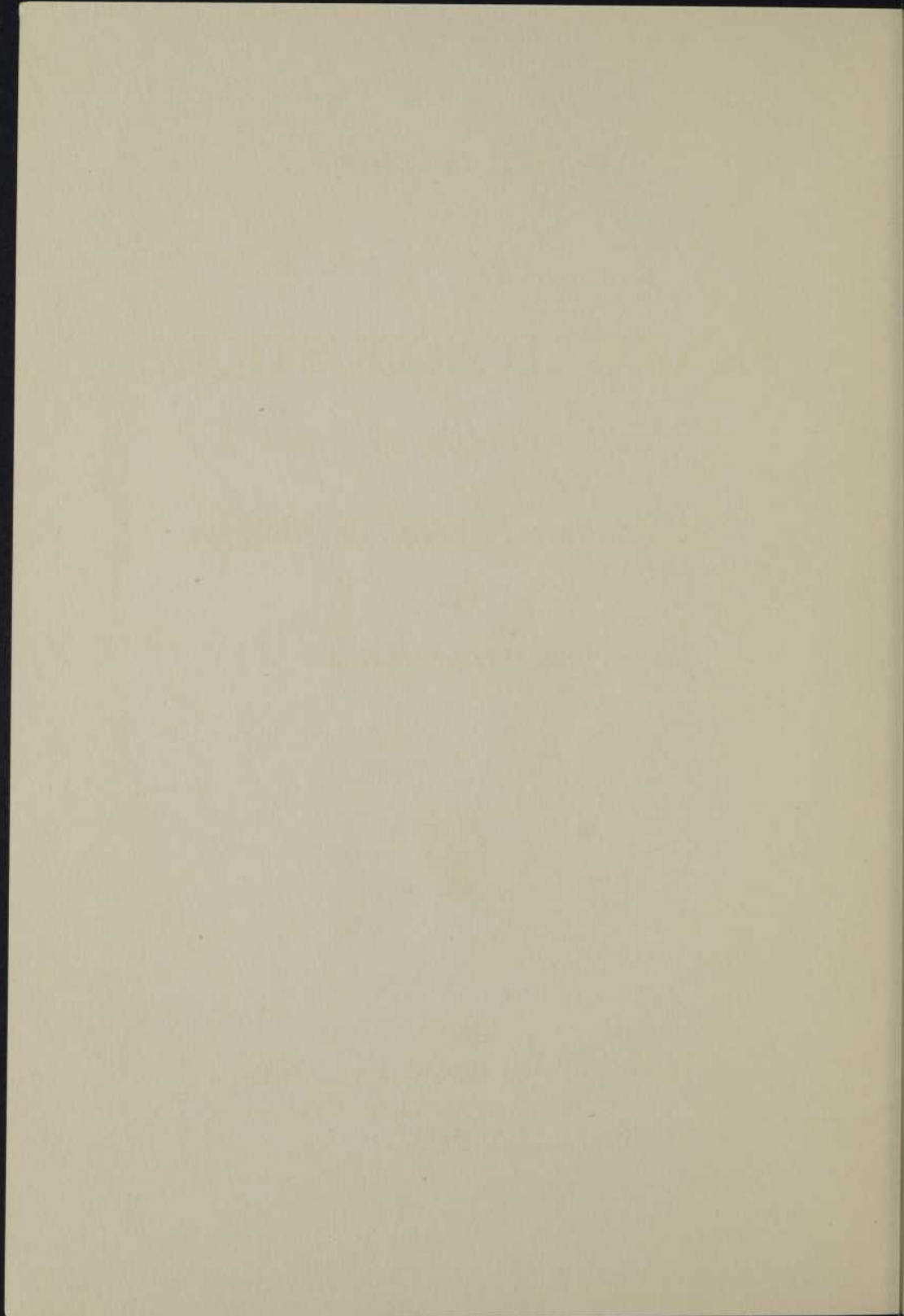
Mus

1393

TRAITE D'ACOUSTIQUE 2,50)

A L'USAGE DU

Conservatoire National de Musique



UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

TRAITÉ D'ACOUSTIQUE

A L'USAGE DU

Conservatoire National de Musique

PAR

OSWALD MICHAUD



EDITEUR

EDMOND ARCHAMBAULT ENRG.

312-316, rue Ste-Catherine, Est

MONTREAL

Tous droits réservés à l'éditeur

THEORIE DES ONDES SONORES

Le son est produit par la vibration des molécules de l'air. Ce mouvement particulier des molécules nécessite une force spéciale. Pour nous cette force est la voix humaine ou un instrument de musique.

Voyons immédiatement la différence qui existe entre un bruit et un son musical. Le bruit est produit par une vibration irrégulière, tandis que le son musical est une série régulière de mouvements vibratoires.

Le balancier d'une horloge représente bien le mouvement vibratoire musical. Le balancier frappe l'air à intervalles réguliers et produit une suite d'ondes qui se propagent dans l'air.

Il faut se rappeler ici que l'air ne se déplace pas à proprement parler, comme le vent. Ce sont seulement les molécules, ou parties qui composent l'air, qui s'agitent et s'entrechoquent.

Pour bien faire comprendre le mouvement des ondes sonores dans l'air, un exemple quelque peu banal, il est vrai, donnera cependant une illustration assez juste de ce principe.

Supposons que plusieurs personnes sont assises sur un banc très long. La première personne à l'une des extrémités du banc donne un coup de coude à son voisin et lui demande d'en faire autant au suivant. Celui-ci exécute le mouvement avec son coude et fait la même demande, et ainsi de suite jusqu'au dernier.

Ce manège que les écoliers appellent "passe à ton voisin" est semblable au mouvement des ondes sonores produites dans l'air. La première personne a réussi à toucher la dernière sans avoir eu à se déplacer, grâce au concours de ses voisins qui représentent ici les molécules de l'air. Cette personne n'a fait qu'un léger mouvement du coude pour aller atteindre un individu placé beaucoup plus loin.

Si maintenant la première personne donne plusieurs coups de coude, la dernière reçoit le même nombre de coups. C'est la transmission des vibrations d'une molécule à l'autre.

Il ne faut pas confondre naturellement les vibrations avec les ondes. Les vibrations s'agitent sur place et donnent naissance aux ondes qui, au contraire, voyagent.

C'est-à-dire que si, sur notre banc, nous n'avions qu'une seule personne occupée à jouer du coude, nous aurions le mouvement vibratoire sans formation d'ondes. Tandis qu'avec des voisins les coups de coude se propagent d'une personne à l'autre et forment une série d'ondes.

Pour démontrer maintenant le déplacement de l'air, tel que le vent, la première personne sur le banc devrait se lever, marcher et aller toucher la dernière. Ce serait un déplacement complet et non un mouvement vibratoire. C'est de cette différence dont il importe de bien se convaincre dans l'étude des ondes sonores.

Nous profiterons encore de l'exemple de notre grand banc pour illustrer la vitesse du son dans l'air.

Pour faire le jeu de coudes d'une personne à l'autre, comme nous l'avons vu plus haut, il s'est écoulé un certain temps. Le mouvement d'une extrémité à l'autre n'a pas été instantané.

Si le banc avait une longueur de 1090 pieds et si les coups de coude n'avaient pris qu'une seconde pour se transmettre de la première personne à la dernière, nous aurions eu la vitesse exacte du son dans l'air.

Pour les mathématiciens la vitesse du son varie avec la température, mais pour les musiciens une vitesse de 1090 pieds à la seconde suffira dans la pratique. Les mathématiciens travaillent avec leurs cerveaux, et les musiciens, avec leur âme.

LA HAUTEUR DU TON

La hauteur du ton est établie par la vitesse des vibrations. Plus les vibrations sont rapides, plus le ton est haut; plus elles sont lentes, plus le ton est bas.

Prenons le balancier d'une horloge. Pour marquer l'heure il va très lentement, trop lentement pour produire un son. Avec une force quelconque augmentons la vitesse de son balancement jusqu'à ce qu'il fasse seize mouvements, aller et retour, en une seconde. Il commence à se produire un son musical, très grave, à peine appréciable. Augmentons encore la vitesse du balancier; le ton monte. A mesure que nous augmentons la vitesse, le ton monte toujours. Nous pouvons donc fixer la hauteur du ton par la vitesse des vibrations.

Lorsque le balancier aura atteint une vitesse d'à peu près 4000 vibrations à la seconde le ton sera alors très aigu et il sera difficile d'en établir la hauteur à l'oreille.

On voit donc que si le nombre de vibrations établit la hauteur du ton, toutes les notes de l'échelle musicale auront leur nombre de vibrations respectif.

En musique, on donne un nom à chacune des notes. En physique, il faudra toujours les faire suivre du nombre de leurs vibrations pour nous permettre des comparaisons faciles entre elles. Par exemple en parlant de deux différents LA, on dira LA 435, ou LA 440. On verra immédiatement qu'il y a une différence de cinq vibrations entre ces deux notes.

On verra aussi qu'en comparant les nombres de vibrations, les notes de l'échelle musicale moderne ne sont pas toujours rigoureusement justes avec les lois de la physique, et qu'en d'autres termes elles pèchent légèrement contre les règles de la physique et de la musique.

VIBRATIONS PAR SYMPATHIES

La vibration par sympathie est une vibration engendrée directement par une autre. Qu'on presse la pédale *sutenuto* d'un piano et qu'on chante une note ou deux, on entendra un son comme un écho. Cet écho est produit par les cordes du piano qui vibrent à l'unisson avec la voix, par sympathie.

Il faut remarquer ici que ce n'est pas réellement un écho. L'écho est une réflexion du son qui part d'une source, frappe un obstacle et revient. Tandis que lorsque l'on chante devant un piano c'est la voix qui met les cordes en vibration et on entend un son qui n'est plus la voix ni son écho.

Si on chante n'importe quelle note devant un piano, elle sera reproduite, parce qu'il y a plusieurs cordes dans l'instrument, et il s'en trouve toujours une à l'unisson avec la note que l'on chante.

Mais s'il n'y avait qu'une seule corde dans le piano, il faudrait donner exactement la note de cette corde pour avoir une réponse. On est porté à croire que lorsque l'on chante, ou joue une note, les ondes sonores en se dispersant dans toutes les directions devraient faire vibrer n'importe quel objet qu'elles rencontrent sur leur passage. Mais non, et voici pourquoi :

Supposons qu'une personne est assise dans une balançoire. Lorsque cette personne se balancera, son mouvement aura toujours la même vitesse de va-et-vient. Elle pourra se balancer avec force ou faiblement, mais elle fera toujours le même nombre de mouvements dans un temps donné. Si elle désire augmenter sa vitesse elle raccourcira les cordes de la balançoire, et si elle veut diminuer sa vitesse, elle fera le contraire.

Alors cette personne a donc une certaine vitesse de balancement qui ne change pas pour une longueur de corde déterminée. Exactement la même chose arrive avec une corde tendue, comme dans un piano. Chaque fois que l'on touche cette corde, elle produit la même note; c'est qu'elle fait toujours le même nombre de vibrations, tout comme notre balançoire.

Maintenant, supposons que cette personne ne puisse se mouvoir par elle-même et qu'il faille l'aide d'une autre pour la faire balancer. De quelle façon cette autre personne va-t-elle s'y prendre? Est-ce qu'elle va pousser à tort et à travers? Non. Elle va d'abord donner une légère poussée qui mettra la balançoire en mouvement, et, chaque fois que la balançoire reviendra, elle donnera une autre poussée, et ainsi de suite. Elle ne donnera pas ses poussées plus vite ni plus lentement que le mouvement propre de la balançoire. En d'autres termes, cette personne "accordera" son mouvement avec celui de la balançoire. Si elle va trop vite ou trop lentement elle paralysera le balancement.

La même chose se produit lorsqu'une note est émise. Ses vibrations effectuent une série d'ondes uniformes qui vont frapper les objets qu'elles rencontrent. Si ces objets s'adaptent au même nombre de vibrations que la note qui émet le son, ils vibreront eux-mêmes à l'unisson. De là le nom de vibration par sympathie.

C'est le même phénomène qui fait qu'une glace, un lustre suspendu à un plafond, ou un bibelot quelconque se met à vibrer lorsque l'on joue un instrument de musique. Ces objets ont le même nombre de vibrations potentielles que la note, si on peut s'exprimer ainsi.

Maintenant, me demandera-t-on, comment peut-il se faire qu'une simple note de piano ou de violon, qui en somme n'émet que des ondes relativement faibles, porte à vibrer un énorme lustre, ou une immense glace?

Pour expliquer ce phénomène il va falloir revenir à notre personne et à sa balançoire.

Demandons à un jeune enfant quatre ou cinq fois plus léger que cette personne de faire balancer cette dernière. Est-ce qu'il va réussir avec une seule poussée, ou même deux ou trois? Non. C'est à force de poussées répétées et bien calculées qu'il parviendra à faire le balancement.

C'est le cas de notre violon et du lustre. Les vibrations des cordes viennent par milliers frapper le lustre et le mettent lui-même en vibration. Ce sont les milliers de gouttes d'eau qui finissent par creuser le rocher.

Les vibrations par sympathie sont souvent très ennuyeuses, mais aussi, en d'autres circonstances, elles arrivent très à point,

comme par exemple pour produire des effets de sonorité dans un piano. Nous savons tous que l'on peut faire vibrer une note de piano sans la toucher, en frappant une autre note à l'octave et en tenant la pédale.

On peut aussi faire la même chose avec un accord complet. L'effet est alors très joli, mais trop faible pour être employé dans une salle de concerts.

THEORIE DES HARMONIQUES

L'étude des harmoniques est une des plus importantes de l'acoustique, et aussi une des plus instructives pour le musicien.

D'abord il faut savoir qu'il y a deux sortes de son musical: le son simple et le son composé.

Le son simple est celui qui ne fait entendre qu'une note et n'est accompagné par aucun son auxiliaire.

Le son composé fait entendre sa fondamentale, qui est sa note propre, et en plus une série de sons additionnels appelés harmoniques de la fondamentale.

Le son simple est rarement entendu. Il n'y a pratiquement que la flûte et le diapason qui le donnent. Le son simple peut avoir quelque charme si on n'en abuse pas; mais on s'en fatigue bientôt, si l'on prolonge son emploi. Lorsque l'on souffle dans une bouteille, on obtient un son simple. Un orchestre de bouteilles deviendrait vite un enfer.

Il nous reste à étudier le son composé. C'est le son produit par tous les instruments de musique (la flûte exceptée) et la voix humaine.

Comme on l'a vu plus haut, la note fondamentale d'un son est toujours accompagnée d'une série de sons auxiliaires qui sont en rapport avec cette fondamentale suivant une règle fixe. Leur nombre est illimité suivant l'instrument, mais leur ordre est invariable.

La présence des harmoniques dans une note n'est pas seulement de l'imagination. Ils existent réellement et il ne suffit qu'un peu d'attention et de concentration pour les remarquer.

Une oreille bien exercée qui écoute une note de piano, ou d'un autre instrument, entend d'abord le ton fondamental et en plus elle distingue une suite d'harmoniques. Si elle ne les analyse pas exactement elle les ressent. C'est comme le sel dans un aliment : on l'apprécie sans le remarquer.

Voici l'ordre dans lequel les harmoniques se présentent dans une note :



Les huit ou neuf premiers harmoniques sont facilement distingués à l'oreille nue, mais à mesure qu'ils montent ils deviennent de plus en plus faibles et il est alors très difficile de les évaluer suivant leur ordre.

Une personne qui essaye pour la première fois de distinguer les harmoniques d'une note éprouve généralement beaucoup de difficulté à les entendre.

Un musicien n'est pas nécessairement plus apte qu'un profane à les entendre. Le succès dépend plutôt de l'esprit de concentration que de l'entraînement musical. Mais le musicien a l'avantage de pouvoir imaginer les notes qu'il cherche à entendre, ce qui lui permet de les remarquer plus facilement qu'un autre.

Il voit dans son imagination l'ordre des harmoniques sur la portée et il n'a qu'à diriger son attention sur la note qu'il désire percevoir.

Lorsque l'on veut analyser un accord, les notes sont entendues simultanément, mais l'oreille peut facilement extraire telle ou telle note. Cependant si dans un accord on joue la première note cinq ou six fois plus fort que les autres, il sera naturellement plus difficile de remarquer ces dernières.

C'est ce qui se produit dans l'étude des harmoniques. La fondamentale domine tellement qu'on a peine à entendre les sons

auxiliaires qui l'accompagnent, et c'est ce qui fait dire à plusieurs qu'ils sont imaginaires.

Nous devons remarquer que les harmoniques impairs, telles que les quintes, les tierces et les septièmes, sont plus faciles à distinguer que les autres.

Le piano se prête bien à l'observation des harmoniques. Frappons le DO, 2ième espace de la clé de FA, en tenant la note baissée. Choisissons un harmonique que nous désirons entendre, le SOL, par exemple, 2ième ligne de la clé de SOL. Avec ce SOL dans l'esprit, efforçons-nous d'éliminer tous les autres sons et concentrons toute notre attention sur cette note. Avec un peu de pratique et de patience nous finirons par l'entendre facilement.

Frappons la même note maintenant et cherchons le MI, 4ième espace, de la même manière, et nous l'entendrons aussi. Essayons de la même façon tous les autres harmoniques de la fondamentale que nous jouerons. Nous serons surpris de voir le nombre de sons que nous pouvons entendre dans une seule note.

Pour entendre les harmoniques sur d'autres instruments que le piano, il faut avoir un peu d'expérience. Mais si l'on sait d'avance l'harmonique que l'on cherche à entendre, la tâche est de beaucoup simplifiée.

Les harmoniques que nous venons de considérer sont des harmoniques naturels, c'est-à-dire qu'ils existent par eux-mêmes dans une note et que nous ne pouvons les éliminer de leur fondamentale.

Il resterait à étudier les harmoniques artificiels, ceux que l'on peut provoquer soi-même.

Sur le violon, par exemple, on peut produire des harmoniques en touchant légèrement une corde à un point quelconque avec le doigt. Dans ce cas la corde en vibrant se trouve séparée en segments. Ces segments vibrent librement de chaque côté du doigt; c'est-à-dire que la corde forme réellement deux cordes. Maintenant si on pressait le doigt fermement au lieu de toucher légèrement la corde, on ne produirait pas d'harmoniques; on ne ferait que raccourcir la corde et monter le ton.

Dans les instruments de cuivre on a recours aussi aux harmoniques artificiels pour jouer. Sur une trompette il n'y a que

trois clés et cependant on peut jouer à peu près trois octaves en chromatiques. C'est dire que la même clé sert à produire plusieurs notes, et ceci simplement en pinçant les lèvres plus ou moins.

LA QUALITE DU SON

La qualité du son dépend de trois causes principales: le timbre, l'ampleur et la hauteur, que nous allons examiner brièvement.

Le timbre. — Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, une note est toujours formée de sa fondamentale et d'une série d'harmoniques naturels. Or c'est uniquement la présence de ces harmoniques qui fait le timbre, et aucune autre chose. Un instrument peut être fait de bois, de métal ou de papier, mais ceci n'a absolument rien à faire avec le timbre qui est régi par le nombre des harmoniques et leur ampleur respective.

Il faut admettre naturellement que la matière qui entre dans la fabrication d'un instrument provoque les harmoniques, mais en somme ce sont ces derniers qui établissent le timbre propre à tel instrument.

La flûte et le diapason sont pratiquement les seuls instruments qui font entendre une fondamentale sans harmoniques. On remarquera que le son de ces deux instruments est identique, si on excepte le bruit de l'air qu'on souffle dans la flûte.

Si on réussit à fabriquer d'autres instruments qui ne feront entendre que leur fondamentale sans harmoniques, qu'ils soient faits de bois ou de métal, ils donneront le son de la flûte.

Si on voulait produire le son du violon par exemple, avec un instrument différent, on n'aurait qu'à analyser les harmoniques produits par les cordes du violon et à les produire exactement avec l'autre instrument.

En faisant l'analyse du son produit par une corde de piano, on constate que les notes de basse sont riches en harmoniques et qu'en allant vers les registres aigus ceux-ci deviennent plus rares.

Dans les notes d'extrême basse, le deuxième et le troisième harmoniques sont souvent aussi prononcés que la fondamentale

elle-même. Le résultat de ceci est que les dissonances près de l'octave (les 7ièmes et 9ièmes) sont presque aussi dures que les secondes, et que les quintes et douzièmes augmentées sont plutôt rudes.

D'un autre côté, les 4ième, 5ième et 6ième harmoniques desquels dépendent les tierces, déclinent rapidement en ampleur, ce qui fait que les tierces sont beaucoup moins distinctes que les quartes, les quintes et les octaves. Ce dernier effet est important, car les tierces sur le piano sont plus supportables que sur les autres instruments.

Malgré le nombre relativement grand d'harmoniques sur le piano, l'impression causée par les dissonances est loin d'être aussi pénétrante que sur les instruments à sons continus.

Sur le piano une note n'est forte qu'au moment de l'attaque, et la force du son décline si rapidement que les battements qui caractérisent les dissonances n'ont pas le temps de causer une grande impression au moment de la force maximum du son.

C'est pourquoi dans la musique moderne pour piano on se permet autant de dissonances qui produisent de beaux effets, mais qui seraient intolérables sur d'autres instruments. Cette différence devient vite apparente lorsque l'on tente de jouer des pièces modernes écrites pour piano, sur un orgue ou un harmonium.

En faisant maintenant l'analyse du son de tous les autres instruments de musique on constate que les harmoniques varient en nombre et en force suivant l'instrument.

Lorsque la sonorité de deux instruments se ressemblent beaucoup, c'est qu'il y a une grande analogie entre leurs harmoniques.

Il ne faut pas oublier qu'à part les harmoniques il faut tenir compte de différentes autres causes qui influent sur la qualité du son. Le choc du marteau sur une corde de piano agit comme une consonne dans le chant. Le grincement de l'archet sur une corde de violon, l'éclatement des lèvres dans l'embouchure d'une trompette, etc., sont autant de causes qui donnent à chaque instrument son caractère propre.

La différence qui existe entre les voyelles est due aussi à la présence des harmoniques qui ne sont pas les mêmes pour chaque voyelle. La diphtongue OU est celle qui a le moins d'harmoniques, et EU, celle qui en a le plus. C'est pourquoi dans le chant le son EU est toujours le plus riche.

La "voix humaine" que l'on rencontre sur les orgues sera toujours une faible imitation de la voix naturelle parce que sur l'orgue on ne peut pas changer de voyelles, tandis qu'en chantant on varie le timbre de la voix continuellement.

L'ampleur du son, dépend de la largeur des vibrations, si on peut dire. C'est-à-dire que la source musicale peut déplacer plus ou moins d'air sans changer le nombre de ses vibrations.

Prenez par exemple une boule suspendue à un fil et donnez-lui une poussée. Ses mouvements seront d'abord très larges et ils iront en diminuant jusqu'au repos. Mais que ses mouvements soient larges ou restreints, la boule fera toujours le même nombre de battements en une seconde. Il faut bien se pénétrer de cette particularité pour comprendre l'ampleur du son.

Une corde de piano qui reçoit le choc du marteau commence par donner des battements très larges qui, comme la boule dont nous venons de parler, vont en diminuant. Le son de cette corde varie donc en ampleur mais le ton ne change pas.

La hauteur du son, influe sur la qualité du son en ce sens qu'on n'obtient pas le même effet avec une note basse et une note haute. On sait que même un demi-ton change très souvent le sens d'une pièce musicale.

Pour en donner une explication il faudrait entrer dans l'étude de l'oreille, car l'effet de la hauteur du ton est produit directement par la sensation que le cerveau reçoit. Le sujet est trop subtil pour l'étudier en quelques mots. Nous nous contenterons de faire remarquer que l'"acousticien" doit savoir s'arrêter là où l'âme commence.

Il serait difficile d'expliquer pourquoi une pièce de musique attire les larmes et qu'une autre porte à danser. Également, quand un morceau est joué en différentes tonalités, l'effet n'est pas le même.

Pour résumer, rappelons que le timbre est la cause principale de la qualité du son, et que le timbre dépend de la présence des harmoniques.

Ce que l'on appelle un son "rond" est un son riche en harmoniques, tandis qu'un son "maigre" est pauvre en harmoniques.

L'ACOUSTIQUE DES SALLES

Dans l'étude de l'acoustique d'une salle de concert il n'y a qu'une chose à considérer, l'écho.

On a vu déjà que le son voyage à une vitesse d'à peu près 1090 pieds à la seconde. L'écho est dû à cette lenteur de déplacement. Si le son parcourait l'espace à la même vitesse que la lumière, il n'y aurait pas d'écho.

Mais il ne faut pas conclure de là que l'écho n'est pas du tout désirable dans une salle de concert. Loin de là. Un écho qui est en retard rend les sons confus, mais un écho bref les amplifie. On sait que la musique jouée en plein air est difficile à apprécier même de près.

Lorsqu'une personne parle dans une salle, le son de sa voix frappe les murs, le plafond et le plancher, et revient dans tous les sens. Ceci produit un écho. Si ces murs sont relativement éloignés, l'écho est lent et la confusion s'ensuit. Si la salle n'est pas trop grande les parois rejettent le son et l'amplifient.

Il reste donc à savoir à quelle distance les murs doivent être placés pour que l'acoustique d'une salle soit bonne. Pour avoir une bonne amplification du son il ne faut pas que celui-ci soit répété à plus d'un dixième de seconde après l'émission du son original. Dans ce cas l'écho n'est pas perçu comme étant une répétition nette du son mais il vient s'ajouter à celui-ci et lui donne du relief. Mais il n'est pas toujours pratique d'avoir une salle assez petite pour ne permettre qu'un écho aussi court. Alors dans les grandes salles il faut que les parois soient construites de façon à empêcher la réflexion du son, soit en les couvrant de draperies, soit en évitant les angles. Dans ce cas les sons viennent mourir sur les murs au lieu de retourner.

Mais il faut bien remarquer qu'une petite salle n'est pas nécessairement apte à produire un bon écho simplement parce que ses murs ne sont pas éloignés. Si les murs d'une petite salle sont très unis, ils se renvoient le son mutuellement et l'on a le même effet que dans une grande salle.

Pour construire une bonne salle de concert le problème est des plus complexes non à cause de la compréhension des principes qui régissent les échos mais à cause de l'application de ces principes en pratique. Les salles et les théâtres sont toujours construits avec une certaine architecture faite pour plaire à l'œil. Le résultat est que nous trouvons une multitude de coins et d'angles plus ou moins parfaits, qui forment autant de réflecteurs pour le son et rendent l'audition difficile. Pour arriver à éliminer les coins et les angles imparfaits il faudrait un travail presque impossible.

Si nous prenons une salle réputée avoir une bonne acoustique et si nous faisons l'analyse de son architecture, nous verrons que, s'il y a des angles un peu partout, ceux-ci se trouvent placés de façon à ne pas rejeter le son directement dans la direction des auditeurs. Si le son pouvait être vu comme la lumière et si les angles d'une salle étaient autant de miroirs, il serait facile de placer ou de déranger ces miroirs de façon à diriger la lumière là où on voudrait. Lorsqu'un enfant s'amuse à réfléchir les rayons du soleil avec une petite glace il n'incommoder personne jusqu'au moment où il envoie à quelqu'un les rayons directement dans les yeux. Avec un léger mouvement de la main, il dirige les rayons à sa guise. Il en est de même du son. Si on pouvait rendre visibles les ondes sonores on n'aurait qu'à déplacer tel ou tel angle de manière à ne pas incommoder l'oreille. Mais vu que le son ne peut être perçu que par l'oreille, on construit les salles sans pouvoir contrôler exactement les échos. Pour arriver à construire une salle absolument parfaite il ne faudrait pas avoir d'angles du tout, ce qui est impossible si l'on veut flatter l'œil et l'oreille en même temps. Une salle qui aurait la forme d'un œuf immense serait l'idéal sous tous les rapports. Espérons qu'un jour on nous dotera d'une pareille salle. Alors on aura un endroit où on pourra jouir d'un concert à n'importe quel point où l'on sera placé.

A part la confusion des sons dans une salle, il y a un autre désavantage causé par la lenteur du son, quand une troupe de danseurs s'exécute dans un théâtre. L'orchestre qui se trouve placé en avant s'accorde avec le mouvement des danseurs et les personnes placées dans les premières rangées jouissent pleinement du spectacle. Mais il n'en est pas de même pour celles qui sont

placées en arrière, surtout si le théâtre est relativement grand. L'œil voit les mouvements des danseurs instantanément mais l'oreille ne perçoit la musique qu'un peu après, et on a la sensation que l'orchestre "tire" en arrière.

Pour obvier à cet inconvénient l'orchestre qui accompagne une troupe de danseurs devrait être placé au milieu du théâtre.

On remarque le même phénomène quand on voit passer un régiment. Le tambour bat la marche en avant et les troupiers accordent leurs pas avec le son qui frappe leur oreille. Il s'ensuit que, si les premiers suivent justement les battements du tambour, au fur et à mesure que les soldats sont éloignés de la source sonore leurs mouvements suivent de moins en moins ces battements. Si le régiment est assez long, les derniers soldats batteront du pied droit, et les premiers, du pied gauche. C'est pourquoi on remarque que tous les membres d'un régiment ne marchent pas ensemble et que le bataillon ondule comme un immense serpent.

Les organistes connaissent très bien aussi la difficulté de jouer un orgue dans le jubé et un second dans le chœur en même temps. Les sons de l'orgue du chœur arrivent à son oreille après ceux de l'orgue du jubé où il est assis, et le jeu devient excessivement fatigant. Pour arriver à jouer une pièce un peu rapide l'organiste doit concentrer son attention sur son instrument et ne pas écouter celui du chœur.

Dans le cas où l'orgue accompagne les enfants de chœur l'inconvénient est encore plus marqué. Les enfants perçoivent la musique après un certain temps. Ils chantent naturellement en mesure dès que le son frappe leur oreille et ils se trouvent ainsi en retard. Ensuite leur chant remonte au jubé et l'organiste l'entend après un double retard. Comme les églises sont toujours très grandes cet inconvénient ne saurait jamais disparaître.

GAMMES JUSTES ET GAMMES TEMPEREES

Si nous voulions jouer la musique avec exactitude, conformément aux règles absolues de la physique et de la musique, il nous faudrait donner 117 différents tons dans une octave. Ce serait une impossibilité. Même s'il était possible de rendre la musique avec une telle précision l'oreille ne pourrait pas apprécier autant de nuances.

C'est pourquoi on a simplifié la gamme en se servant d'une même note pour en jouer plusieurs. La gamme telle qu'elle est écrite aujourd'hui comprend à peu près 27 notes à l'octave. Ce nombre suffit à faire apprécier toutes les beautés musicales dans toutes les modulations. Mais si la musique est écrite avec 27 notes à l'octave elle n'est pas toujours rendue telle que représentée. Il n'y a pratiquement que les instruments à cordes, à l'exception du piano, qui puissent donner toutes ces nuances; encore faut-il que l'instrumentiste en soit capable.

Avec la création du clavier, il a fallu arriver à un compromis afin d'aider à la vulgarisation de la musique en nous permettant de jouer avec facilité. C'est pourquoi sur le piano et l'orgue nous n'avons que 13 notes à l'octave. Les dièses et les bémols sont joués sur la même note. L'octave se trouve divisée en treize demi-tons égaux qu'on appelle gamme tempérée.

Cette gamme, quoique comportant des avantages réels, a contribué à nous faire perdre peu à peu le vrai sens musical. Le clavier est devenu la base sur laquelle les musiciens travaillent. Les violonistes qui pourraient avec leur instrument rendre la musique telle qu'elle est écrite, sont invariablement influencés par le piano. On oublie que le clavier souffre d'une lacune et on l'accepte cependant comme le modèle de l'échelle musicale véritable. Plusieurs diront que la différence entre la gamme juste et la gamme tempérée n'est pas assez considérable pour être digne de remarque. C'est qu'ils n'auront certainement jamais entendu les beautés de la gamme juste, car ils changeraient vite d'avis. Un accord donné avec les intervalles exacts a un charme et une richesse qui captivent l'oreille.

ETUDE DE L'OREILLE

Perception du son

Une étude détaillée de la construction anatomique de l'oreille n'est pas absolument nécessaire au musicien, mais il lui est d'un grand intérêt de connaître dans ses grandes lignes comment la perception du son se fait par l'oreille.

Nous avons déjà vu que le son est produit par la vibration des molécules de l'air. Nous avons vu aussi que ces vibrations donnent naissance à des ondes sonores qui se propagent, et voyagent dans tous les sens, sphériquement. Or l'oreille se trouvant sur le passage de ces ondes, les absorbe et leur permet d'être transmises au cerveau.

Pour bien comprendre ce phénomène il faut avoir quelques notions de la construction interne de l'oreille. Voici en quelques mots une description de cet organe.

L'orifice extérieur de l'oreille donne accès sur un passage qui se rend jusqu'au tympan. Le tympan est une membrane tendue comme une petite peau de tambour. Les ondes sonores entrent par le passage et vont frapper le tympan qui se met immédiatement à vibrer à l'unisson. Si on a plusieurs sources sonores, par exemple, plusieurs instruments de musique, donnant des vibrations différentes, le tympan reçoit toutes ces vibrations et les traduit fidèlement. Il agit exactement comme le diaphragme d'un reproducteur de phonographe. Il va et vient dans un mouvement vibratoire minuscule.

De l'autre côté du tympan se trouve une petite chambre vide fermée, d'un côté par le tympan, et de l'autre côté par une petite cloison entourée d'un anneau osseux formant une petite fenêtre fermée par un tissu. Derrière cette fenêtre se trouve le labyrinthe, appelé ainsi à cause de sa forme rappelant celle d'un limaçon. Ce labyrinthe renferme une sorte de membrane à laquelle sont attachés des milliers de petits nerfs qui peuvent être comparés

à une brosse à dents en forme de demi-cercle, dont les poils seraient d'inégales longueur et grosseur.

Chaque petit nerf (ou chaque poil) représente une note de l'échelle musicale. Ils sont tellement nombreux qu'il y en a cinquante pour chaque demi-ton. C'est pourquoi nous pouvons percevoir autant de tons différents. Mais, dira-t-on, s'il n'y a que cinquante nerfs pour chaque demi-ton, comment peut-on entendre un ton qui arrive entre deux nerfs. Dans ce cas on est porté à "tendre l'oreille", suivant l'expression populaire, et l'on fait ainsi un effort qui, en réalité, tend le petit nerf qui est le plus prêt du son que l'on écoute. Ce petit nerf s'allonge et s'accorde avec la note, et le tour est joué.

Notre faculté de pouvoir distinguer la hauteur de différents tons provient donc de la présence de ces fibres nerveux qui vibrent chacun à leur diapason respectif. Si nous pouvons distinguer la qualité du son, le timbre, c'est que le son composé de sa fondamentale et de ses harmoniques excite non un seul nerf mais bien un groupe de nerfs.

On doit conclure maintenant que la finesse de l'oreille musicale de chaque individu dépend de la formation des nerfs du labyrinthe, de leur régularité et de la perfection de leur construction. Une personne dont les fibres nerveux ne sont pas parfaits ne pourra jamais développer une oreille musicale délicate. Nous naissons tous avec une oreille musicale plus ou moins parfaite, suivant la perfection de formation anatomique des fibres du labyrinthe.

CORDES ET TUYAUX

Nœuds et Ventres

Lorsqu'une corde de piano ou de violon est mise en vibration, elle paraît, à l'œil nu, vibrer uniformément dans toute sa longueur. Mais tel n'est pas le cas. Elle vibre naturellement dans toute sa longueur et aussi par sections. C'est-à-dire qu'elle se divise par segments qui vibrent indépendamment les uns des autres.

Ces segments, ou ondulations, sont appelés "ventres" et l'endroit où ils se réunissent, "nœuds".

Une corde en vibration est soumise à une loi fixe. Elle se divise mathématiquement en séries de sections. Ces sections étant de différentes longueurs font entendre des sons différents; c'est pourquoi dans une corde on n'entend pas seulement la note propre à cette corde, qui est sa fondamentale, mais aussi une foule d'autres sons appelés harmoniques. Ce sont ces harmoniques qui s'ajoutent à la note fondamentale et donnent à une corde son timbre qui lui est propre. Le timbre d'une corde varie donc en proportion avec le nombre et l'ampleur des harmoniques qui accompagnent la fondamentale.

Mais on peut varier le nombre d'harmoniques d'une corde en la frappant à différents endroits. Dans un piano, par exemple, le marteau frappe la corde à un huitième de sa longueur. On obtient de cette façon les harmoniques consonants que l'on désire entendre. En variant la position du marteau on peut changer le timbre de la corde.

Le même phénomène se produit dans les tuyaux, mais au lieu d'avoir une corde qui vibre, nous avons une colonne d'air qui elle aussi se divise par segments formant des ventres et des nœuds. Il faut bien se rappeler ici qu'un tuyau ne vibre pas, mais que c'est l'air de l'intérieur qui vibre seulement.

Comme dans les cordes, le timbre d'un tuyau peut varier suivant le nombre de segments formés par la colonne d'air. On peut changer l'ordre des nœuds et des ventres en perçant des trous dans le tuyau, comme on fait avec les flûtes, etc.

LA GAMME MUSICALE

Un ton qui a le double de vibrations d'un autre ton est appelé son OCTAVE. La proportion de cet intervalle est donc de 2/1. C'est-à-dire que chaque fois que l'on veut trouver le nombre de vibrations de l'octave d'une note on n'a qu'à multiplier le nombre de vibrations de cette note par deux.

On trouve le nombre de vibrations des autres notes placées entre une note quelconque et son octave en employant une proportion fixée pour chaque intervalle. Voici le tableau des proportions pour la gamme diatonique :

Tonique	Seconde	Tierce	Qrte	Qte	Sixte	Sept.	Oct.
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2

Si on sait, par exemple, que le DO a 256 vibrations, et si l'on veut trouver le nombre de vibrations de la tierce majeure correspondante on n'a qu'à multiplier 256 par 5 et à diviser le résultat par 4, et on obtient 320 vibrations pour la tierce. On procède de même pour tous les autres intervalles.

On voit par là que les intervalles sont sujets à une loi mathématique.

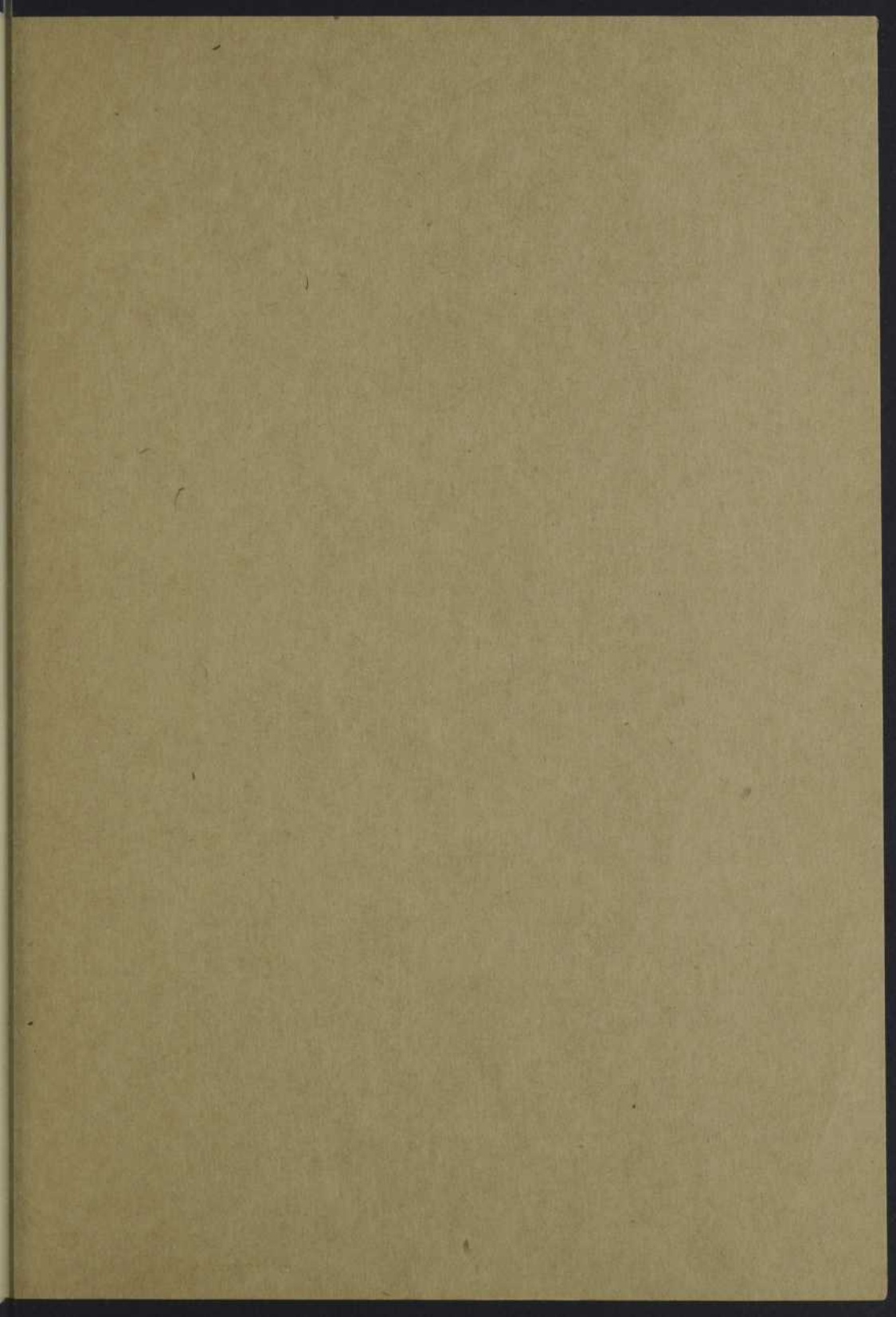
Il nous reste à déterminer maintenant les proportions des bémols et des dièses. Ces proportions sont de $\frac{24}{25}$ pour les bémols et $\frac{25}{24}$ pour les dièses. Si donc on veut trouver le dièse de DO on multiplie 256 par 25, et on divise le résultat par 24. On a ainsi la gamme complète diatonique et chromatique.

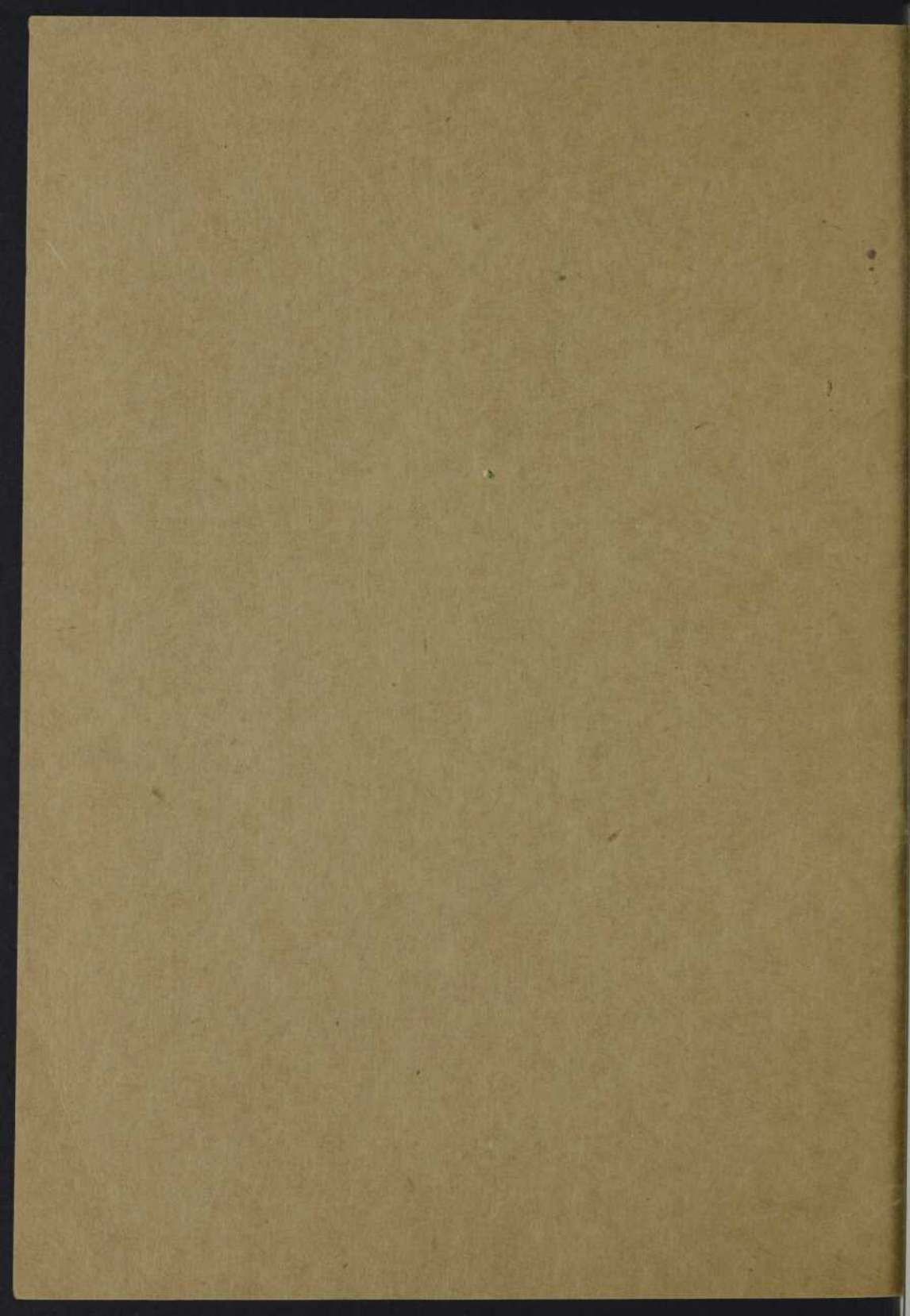
Les accords, qui ne sont que des intervalles superposées, sont sujets naturellement aux mêmes lois.

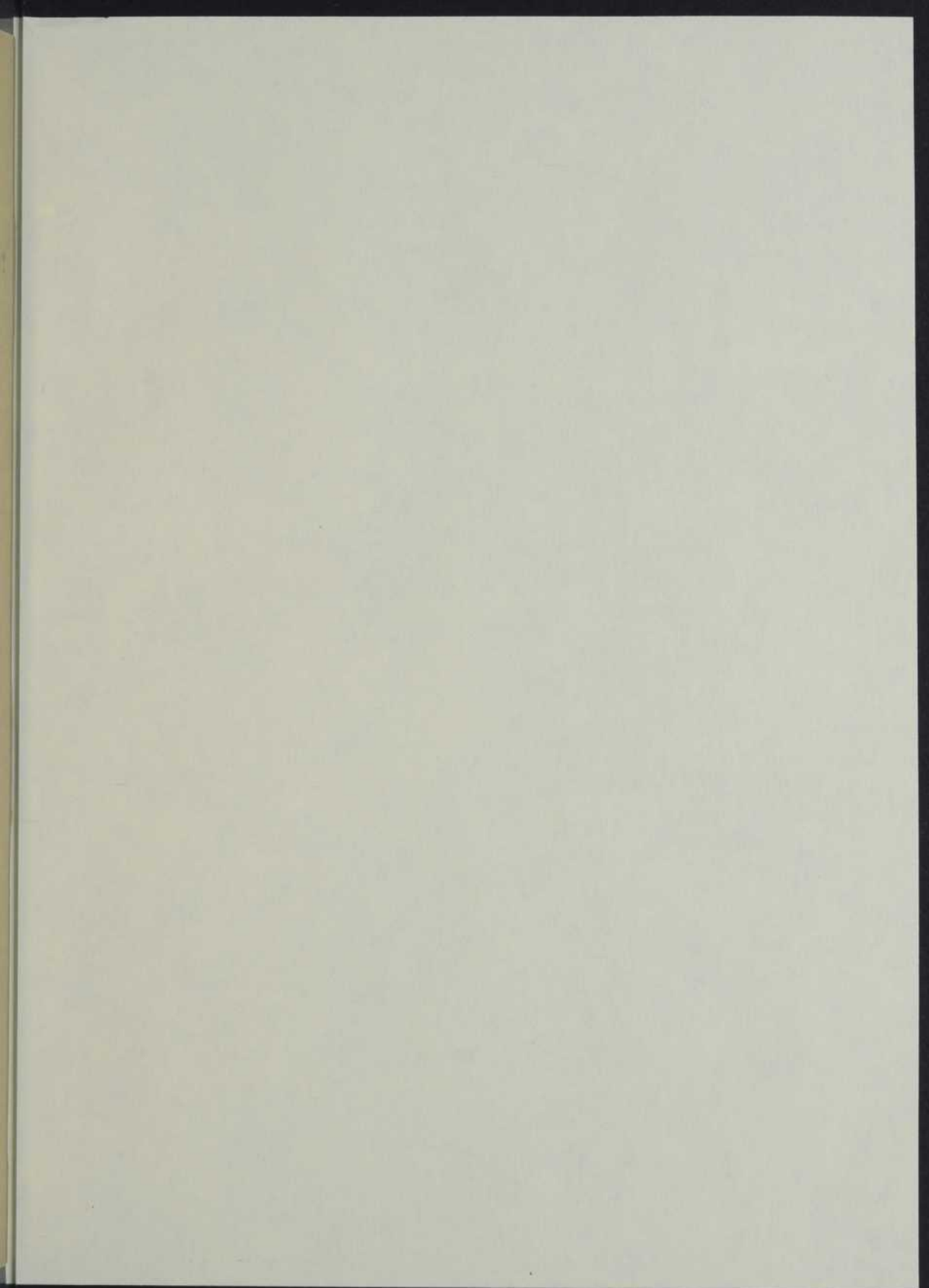
Comme on l'a déjà vu, en pratique on ne peut pas toujours se conformer strictement aux proportions établies par la nature. Sur le piano, par exemple, il faut faire un compromis et se servir d'une même touche pour deux notes différentes. Mais du moment que l'écart ne dépasse pas 10 vibrations l'oreille n'en souffre pas trop.

TABLE DES MATIERES

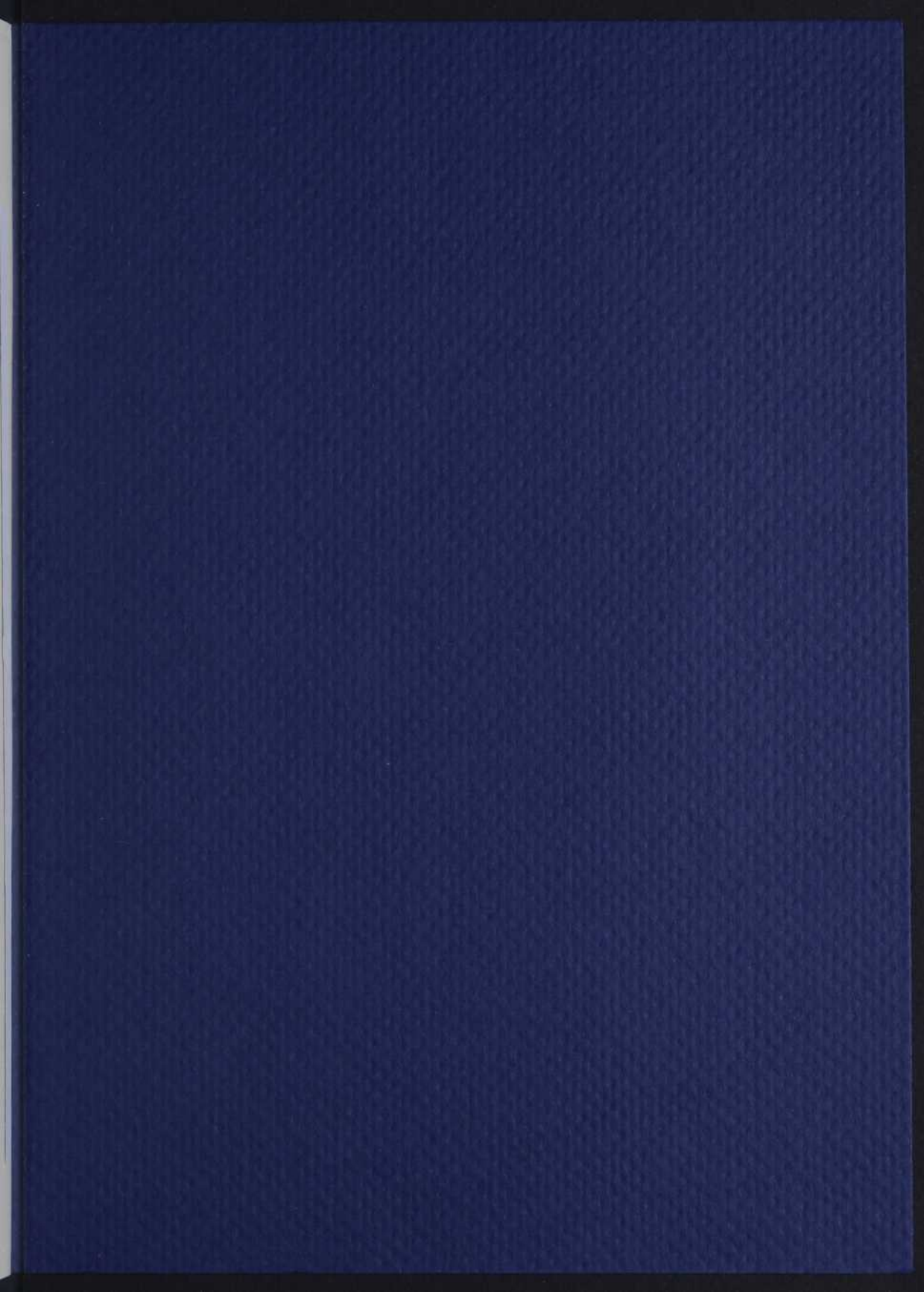
	Page
Théorie des ondes sonores.....	5
La hauteur du ton.....	7
Vibrations par sympathies.....	8
Théorie des harmoniques.....	10
La qualité du son.....	13
L'accoustique des salles.....	16
Gammes justes et gammes tempérées.....	19
Etude de l'oreille.....	20
Cordes et tuyaux.....	22
La gamme musicale.....	23











B A n Q



000 663 008