Travail personnel de l'année 2020-2021

Lycée Ermesinde

Mersch, Luxembourg

# L'acoustique

Elias MULLER, 4c3

Tuteur : Philippe Schirrer

« Le son…

On peut le guider pour l’entendre,

Ou l’écouter pour qu’il nous guide. »

Elias Muller

# Table des matières

**INTRODUCTION** ..... **3**

**QU'EST-CE QU'UN SON ?** ..... **4**

LE SON NAIT ..... 4

LES ONDES SONORES ..... 5

*Le comportement des ondes sonores* ..... *5*

*Les types d'ondes mécaniques* ..... *7*

LES DIFFERENTS SONS ..... 8

**LA PERCEPTION DU SON** ..... **9**

L'OUÏE HUMAINE ..... 9

SAVOURER LE SON ..... 10

LA MESURE DU SON ..... 10

**ENREGISTRER ET RETRANSMETTRE LE SON** ..... **11**

ENREGISTREMENT ..... 11

*Le matériel d'enregistrement* ..... *11*

RETRANSMISSION ..... 15

*Ce qui fait un bon casque audio* ..... *16*

*Ce qui fait de bonnes enceintes* ..... *16*

**L'ACOUSTIQUE** ..... **18**

LA PSYCHOACOUSTIQUE ..... 18

*Utilité* ..... *18*

L'ACOUSTIQUE ARCHITECTURALE ..... 19

*Utilité* ..... *19*

**LES METIERS ET FORMATIONS DU SON** ..... **20**

DIFFERENTS METIERS LIES AU SON ..... 20

INGENIEUR DU SON ..... 22

*Utilité* ..... *22*

*Formation* ..... *22*

ACOUSTICIEN ..... 23

*Utilité* ..... *23*

*Formation* ..... *23*

**ANNEXES** ..... **26**

**CONCLUSION** ..... **24**

**RÉFÉRENCES** ..... **32**

# Introduction

Les humains seraient hautement sensibles aux bruits et aux sons. En effet, rares sont les personnes qui n'éprouvent pas de gêne à cause du bruit engendré par le passage constant d'un train. L'appréciation du son est subjective, et si certains ne peuvent pas le supporter, la plupart des gens aiment toutefois écouter de la musique. Mais pourquoi la musique, un ensemble de sons réguliers quelques fois agressifs serait plus agréable que le son tout aussi régulier d'un simple véhicule ? Et puisque ce genre de son est si désagréable, pourquoi ne pas essayer de le comprendre, pour le contrôler et le maîtriser ?

Ces thèmes m'intéressent et m'interpellent, je souhaite donc les comprendre et les approfondir.

Dans un premier temps, découvrons ce qu'est un son, pour ensuite apprendre ce qu'est l'acoustique et son utilité. A travers ce travail, je souhaite en apprendre davantage sur le son et l'acoustique, et ensuite déterminer quels types de métiers l'on peut exercer dans ce domaine de nos jours.

# Qu'est-ce qu'un son ?

« Sensation auditive engendrée par une onde acoustique »

Dictionnaire Larousse[1]

Commençons par comprendre ce qu'est réellement un son, et plus précisément comment les sons apparaissent.

## Le son naît

Un son n'est autre qu'une vague d'énergie. Il va alors de soi que les sons « n'apparaissent » pas simplement, mais que quelque chose les engendre toujours.

On appelle onde sonore (ou onde acoustique) les compressions et décompressions (aussi appelées dilatations/raréfactions) dans l'air ou dans un autre milieu qui résultent du mouvement d'objets.

On appelle « son » chacune de ces modifications mécaniques du moment qu'elles sont perceptibles par l'oreille.

Un son résulte de l'interaction entre deux corps physiques, par exemple un battant qui frappe contre une cloche ou bien un doigt qui relâche une corde d'instrument de musique après l'avoir tendue.

A l'origine de chaque son est un changement d'état de la source. La source du son est l'objet qui émet le son. Dans le cas d'une cloche et partant du principe que le battant n'émet pas de son, le battant est l'objet qui écarte la cloche, autrement dit la source. Celle-ci part de la position de repos, en est écartée, comme quand l'on tord un ressort, et lorsque cette force est relâchée, la source se met en mouvement, pour ensuite créer des vibrations, que l'on appelle les ondes sonores.[2]

## Les ondes sonores

Le son se propage dans les différents milieux sous la forme d'ondes. Celles-ci sont appelées ondes sonores. Voyons ensuite les particularités de ces ondes.

### Le comportement des ondes sonores

Un son est créé lorsqu'un milieu quelconque est soumis à des vibrations.
Ces vibrations sont mesurées en hertz (Hz). Le nombre de hertz équivaut à la fréquence du son émis et est déterminé par le nombre de cycles que le son en question effectue en une seconde. Plus la fréquence du son est élevée, plus les vibrations sont courtes et plus le son est aigu.

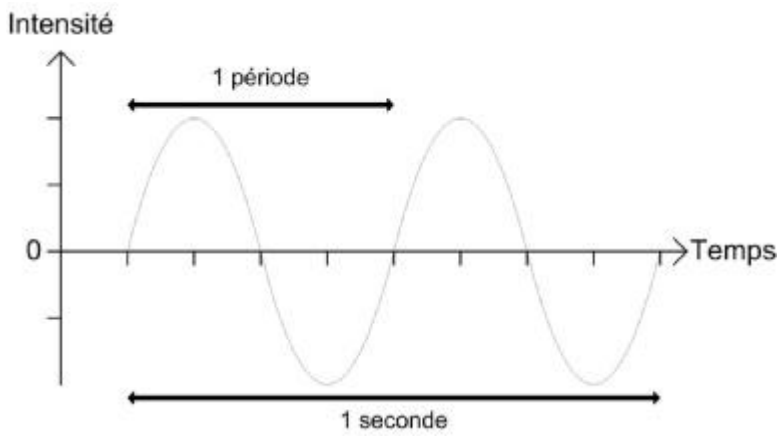



Schéma période onde sonore.[3]

Au contraire, plus la fréquence est basse, plus les ondes seront longues et plus le son produit sera grave.

La vitesse de propagation de tout son varie en fonction du milieu dans lequel il évolue.

Les milieux en question comportent l'air, mais aussi tout autre gaz, liquide et solide. Plus les molécules composant le milieu sont proches les unes des autres et plus le médium est dense.

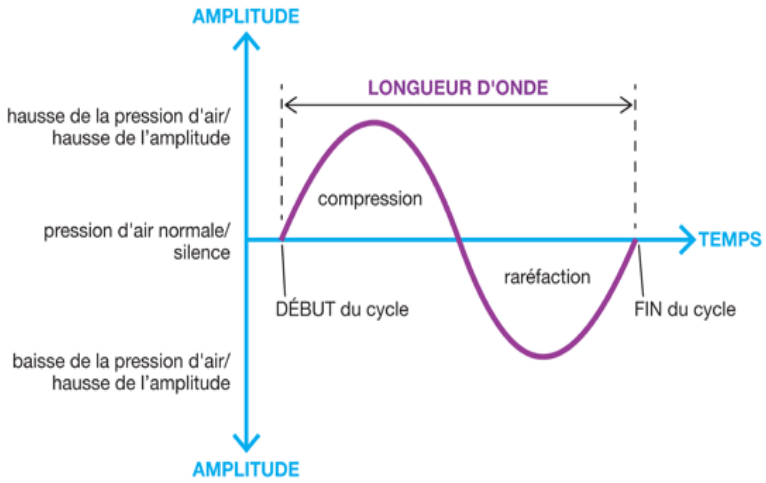



Schéma longueur d'onde.[4]

Si un milieu est dense, le son s'y propagera plus vite.

Ces dilatations peuvent être vues comme des vagues de molécules qui se propagent dans différents environnements ou matériaux, qu'ils soient solides, liquides ou gazeux. Plus le médium est dense, plus la vitesse de propagation des ondes est élevée. Voici un tableau comparatif des vitesses de propagations dans différents environnements.[5]

| **Etat** | **Gazeux** | | **Liquide** | | **Solide** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Médium** | Air | CO2 | Eau douce | Eau salée | Acier | Granite |
| **Vitesse de propagation (m/s)** | 320 | 260 | 1430 | 1520 | 5200 | 5950 |

Tableau : Vitesse de propagation du son dans certains milieux[6]

## Les types d'ondes mécaniques

Les ondes longitudinales sont un des deux principaux types d'ondes mécaniques.
Une onde mécanique est définie par une perturbation qui passe à travers un milieu élastique tel que de l'air ou toute autre matière.
Dans le cas des ondes longitudinales, la déformation du milieu s'effectue dans la direction de l'onde. On peut distinguer l'onde longitudinale de l'onde transversale, pour laquelle la déformation du milieu a lieu de manière perpendiculaire à la direction de l'onde.
Les vagues dans la mer sont un bon exemple d'ondes transversales : les particules d'eau se déplacent de manière verticale, et de cette manière elles sont perpendiculaires à la direction de l'onde. Quant aux ondes longitudinales, les particules se déplacent horizontalement et parallèlement à la direction de l'onde.[7]

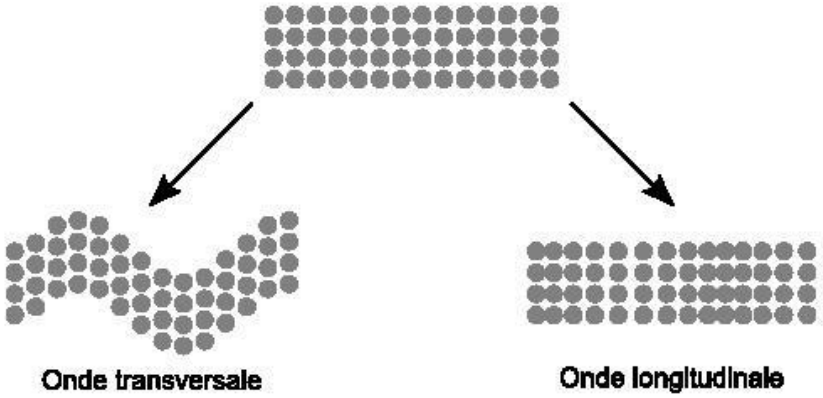



Schéma types d'ondes mécaniques.[8]

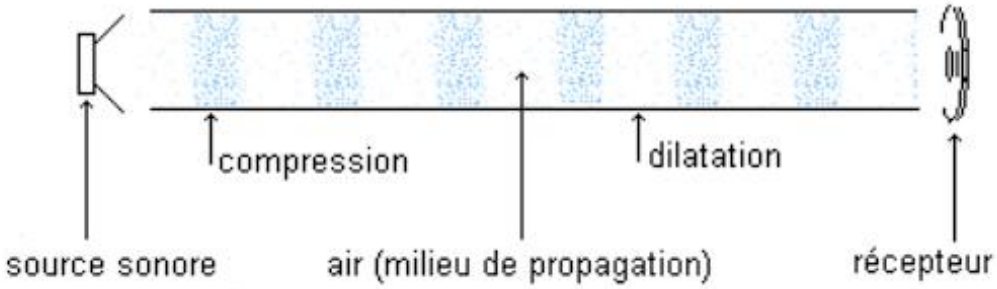
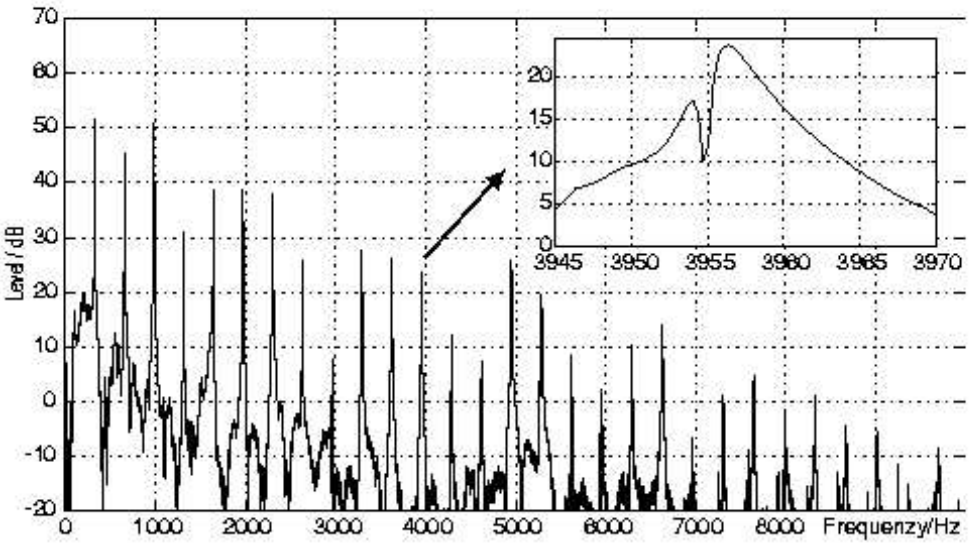



Schéma propagation du son dans l'air.[9]

## Les différents sons

Les sons que nous entendons ne sont pas toujours réguliers. Les ondes sinusoïdales n'existent pas à l'état naturel car la plupart des sons et bruits naturels comme la voix par exemple est en réalité une superposition complexe de sons différents. Le seul moyen d'obtenir un son avec une onde sinusoïdale est de le créer de manière synthétique, par exemple à l'aide d'un ordinateur ou d'un synthétiseur.
Voici le spectre sonore d'une corde de guitare sur laquelle l'on a joué la corde du mi. En haut à droite, vous pouvez voir de plus près une longueur d'onde.




Spectre audio d'une note de guitare en mi[10]

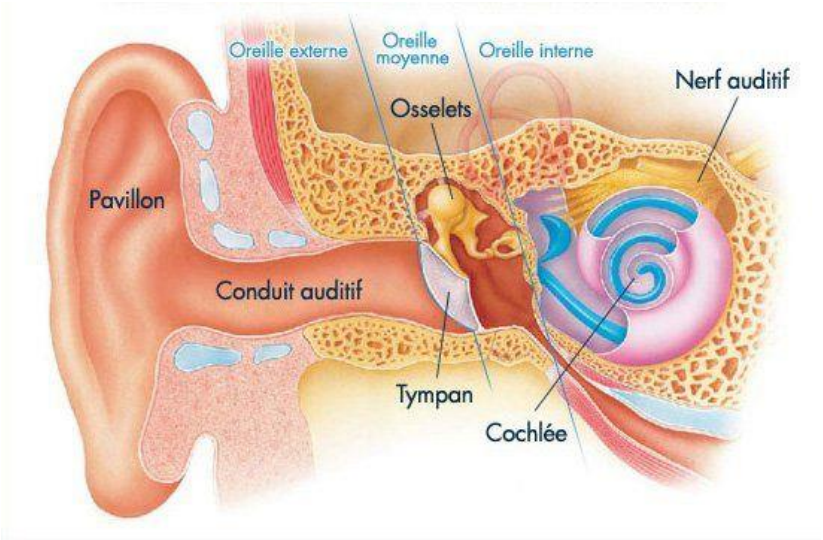
Bien que nous ayons l'impression que le son d'une guitare est constant, nous pouvons constater à l'aide du schéma ci-dessus que non seulement la fréquence du son diminue au fil du temps, mais aussi que l'intensité du son fait des vas-et-viens sans arrêt. Ces pics que vous pouvez observer sont le résultat de contractions dans l'air, tout comme les écarts entre ces derniers représentent les décontractions. La vitesse à laquelle l'air se contracte est la même que celle des vibrations de la corde de guitare.[11]

# La perception du son

## L'ouïe humaine

Lorsqu'une onde sonore est émise et qu'elle se propage à travers l'air par exemple, elle parvient aux oreilles. Elle est captée par le pavillon et ensuite transférée au tympan par le conduit auditif. Arrivée au tympan, l'onde le fait vibrer.

Cette vibration est captée par les osselets et après être passée par la cochlée, elle est transmise au cerveau par le nerf auditif, ou elle sera décryptée.




Modèle de l'oreille humaine.[12]

La capacité de nos oreilles à reconnaître les sons similaires est impressionnante. La fréquence d'un son est doublée lorsque l'on joue une note à deux octaves différentes.
Voici par exemple la note do à 261,62 Hz. C'est-à-dire que le son effectue plus de 261 vibrations par seconde : https://youtu.be/CKi78RF7vck
Ensuite, voici la même note, mais une octave plus haute. Par conséquent, vous aurez l'impression d'entendre la même note, mais sa fréquence sera deux fois plus élevée. En l'occurrence le son aura une fréquence de 523,25 Hz : https://youtu.be/cZBP31-qVmo
C'est grâce à cette précision de nos oreilles que nous pouvons apprécier, reconnaître et savourer les sons autour de nous.[13]

## Savourer le son

« Les plus beaux mots du monde ne sont que des sons inutiles si vous ne pouvez pas les comprendre. »

Anatole France

Le son a de nombreuses utilités au quotidien. Il y en a trois principales : la première est la communication avec d'autre êtres humains. La plupart des gens peuvent entendre les autres parler, et ainsi leur répondre par la parole.
La seconde utilité de l'ouïe est la perception de notre environnement. Dans la rue par exemple, nous sommes capables d'entendre une voiture arriver sans devoir se tourner vers elle pour la voir.
La troisième utilité du son est l'appréciation d'arrangements mathématiques de sons, autrement appelés musique.
Ce travail se concentre sur les deux derniers cas.

## La mesure du son

Tout comme il est possible de mesurer la fréquence d'un son, il est possible d'en mesurer la vélocité. Celle-ci se mesure en décibels (dB).

Voici une définition des décibels :
« Dixième partie du bel (symbole dB), unité servant en acoustique à définir une échelle d'intensité sonore. »

*Dictionnaire Larousse*[14]

Vous pouvez bien sûr savourer le son et en profiter, mais il peut aussi vous faire du mal.
Si un son a une intensité trop puissante, donc si son décibel est trop élevé, ce dernier commencera par être désagréable, mais si son volume augmente encore, un simple son pourra vous blesser les tympans, voire vous tuer.
150 décibels sont suffisants pour déchirer nos tympans et vous rendre sourds et 200 décibels, en théorie, pourraient vous tuer.[15]

Certaines fréquences très basses, les infrasons, peuvent faire vibrer vos yeux, ce qui trouble la vision, tout comme certains ultrasons peuvent créer des douleurs un peu partout dans le corps.

# Enregistrer et retransmettre le son

« Il est salutaire de mettre des images et des sons sur les traumatismes historiques plutôt que de se voiler la face. »

André Téchiné

Le son est magique, et il faut souvent l'enregistrer pour le réécouter et en profiter durablement. Que ce soit pour de la musique, pour un film, une interview ou un reportage, les professionnels font de leur mieux pour capturer et diffuser le son de la manière la plus fidèle possible.

## Enregistrement

Avoir une qualité d'enregistrement irréprochable est la première étape dans la quête de la bonne retransmission du son. Pour cet échelon, il y a deux aspects à considérer : le matériel utilisé, et l'environnement d'enregistrement.

### Le matériel d'enregistrement

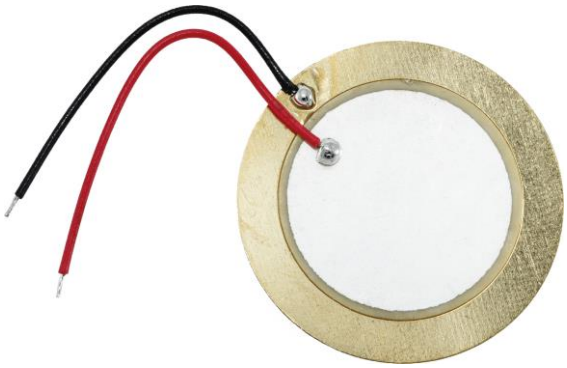
Le strict minimum pour enregistrer une voix ou un instrument est un micro et un espace de stockage. Cet espace de stockage peut se trouver directement dans le micro, ou il peut s'agir d'un ordinateur. En général, si l'artiste enregistre en studio, le son sera retenu dans le disque-dur de l'ordinateur, tandis que sur un tournage, ou les micros ne sont pas reliés à des ordinateurs, le son sera stocké sur des « cartes SD » et ensuite transféré à un ordinateur pour le montage.

Dans un studio d'enregistrement, l'ingénieur du son aura généralement ce qu'on appelle une interface audio. Celle-ci fera office d'intermédiaire entre l'ordinateur et les périphériques comme le micro, les enceintes ou un casque audio. On peut la comparer à un adaptateur.
Même si le reste est pratique, quand vous voulez enregistrer du son, un micro reste le plus important.

## Qu'est-ce qui fait un bon micro ?

### La piézoélectricité

A l'intérieur de chaque microphone se trouve une membrane, aussi appelée *élément piézoélectrique*, qui vibre au contact des ondes sonores.
Les vibrations que subit la membrane sont changées en signaux électriques.[16]
Un micro convertit les ondes sonores en signaux électriques, eux-mêmes capturés par l'interface audio. Ce sont ces signaux électriques, une fois passés à travers l'interface, qui sont utilisés par l'ordinateur.



Élément piézoélectrique[17]

### Fréquence d'échantillonnage et portée auditive

C'est donc l'élément piézoélectrique qui transforme l'énergie sonore en électricité. Ce qui fait un bon micro, c'est la précision de cette membrane. Plus elle est petite, plus elle sera sensible.

Nos oreilles peuvent percevoir les sons dont la fréquence atteint environ les sons entre 20 et 20 000 Hz. Si vous ne comptez pas apporter de grands changements à votre enregistrement, un micro se trouvant dans cet éventail suffira largement. En revanche, dans

certains cas, vous voudrez peut-être jouer votre fichier audio à l'octave inférieure et si ce fichier audio a été enregistré avec un micro allant jusqu'à 20 000 Hz, ce son, qui sera plus grave, n'ira que jusqu'à 10 000 Hz. Il manquera donc à votre son pas loin de la moitié de votre champ auditif. C'est pour cela qu'il faudra un microphone plus précis, qui capte des fréquences jusqu'à au moins 40 000 Hz. La fréquence à laquelle un microphone capte le son est appelée la fréquence d'échantillonnage.

Ce genre de microphone, ayant une fréquence d'échantillonnage maximale supérieure à la portée auditive, est souvent utilisé pour des effets sonores utilisés dans des films. Certains sons du quotidien sont joués à la moitié de leur vitesse et cela change leur nature.

## L'environnement d'enregistrement

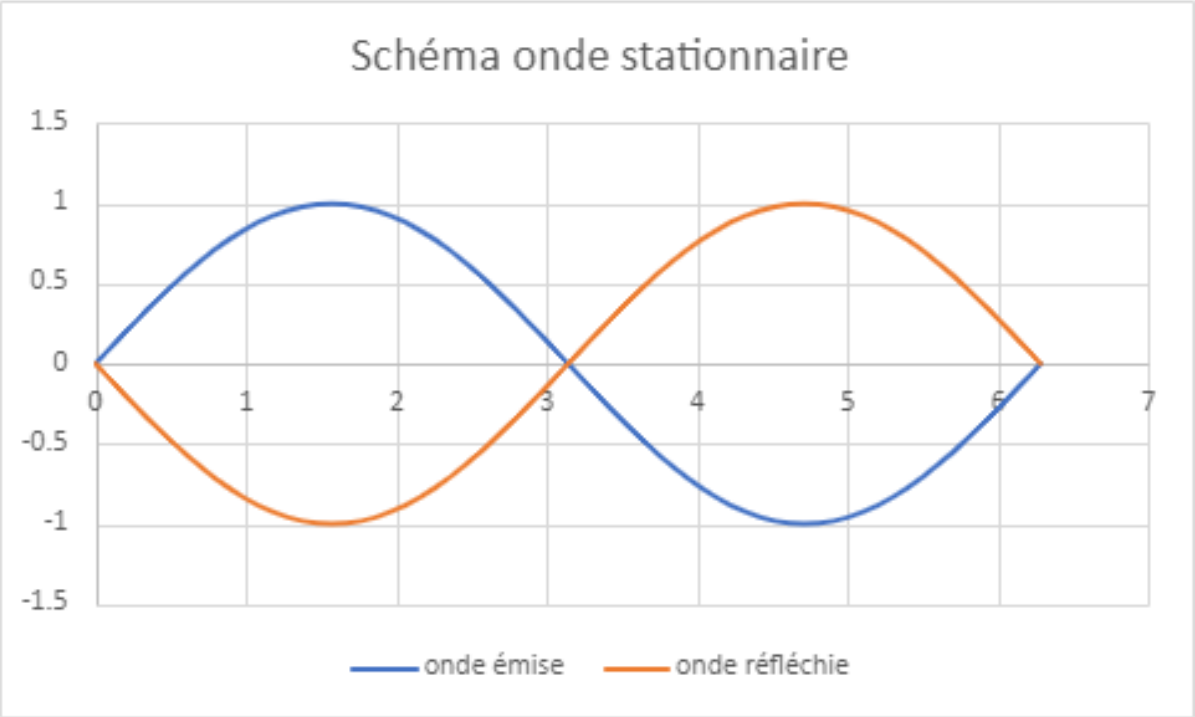
Si un microphone est précis et sensible, il captera plus facilement les bruits indésirables. C'est donc important de se trouver dans un bon environnement pour réaliser l'enregistrement. Un bon environnement pour enregistrer, cela peut être par exemple un studio d'enregistrement professionnel, qui aura été traité par un acousticien, ou bien une salle insonorisée dans une maison, dans le cas d'un home studio.

### Comment un studio, qu'il soit professionnel ou amateur, devrait-il être traité acoustiquement ?

Pour répondre à cette question, il faut tout d'abord s'en poser deux autres : la première, « que veut-on éliminer lors de la construction d'un studio ? », et la deuxième, « quels objectifs veut-on atteindre avec ce même studio ? ».
En ce qui concerne la première question, nous y avons déjà partiellement répondu. Nous voulons éliminer au maximum les nuisances sonores. Celles-ci peuvent provenir de l'extérieur, d'une route par exemple, ou des autres pièces de la maison ou du bâtiment dans lequel le studio se trouve, mais aussi de l'intérieur du studio. Ces nuisances peuvent provenir de simples bruits que l'on provoque en marchant par exemple, ou bien des objets comme un ordinateur, qui produisent eux-mêmes du son. La présence d'un simple objet pouvant faire office de caisse de résonance pourrait s'entendre lors de l'enregistrement.
Il existe une multitude de techniques qui permettent d'améliorer l'acoustique d'une pièce.

L'une d'entre elles est la technique de boîte dans la boîte.[18] Il s'agit de couper la salle dans laquelle le futur studio se trouvera du reste du monde… ou presque. En effet, le principe est très simple. Comme son nom l'indique, la technique consiste à construire une seconde pièce, plus petite, à l'intérieur de la pièce originelle. Comme le dit le magazine *Sound on Sound,* en construisant une salle à l'intérieur d'une autre, la double-paroi ainsi créée élimine les bruits créés par le bâtiment de base, tout en empêchant une grande partie du son de sortir.

Une autre technique, pas forcément incompatible avec la première, est de faire en sorte qu'il n'y ait pas de murs parallèles à l'intérieur du studio. Les ondes sonores avancent et rebondissent, par exemple, sur les murs. Si le studio se trouve dans une pièce qui fait 3 m de large, l'onde sonore qui mesure 1,5m créera un nœud au milieu de la salle. Ce nœud aura pour effet que vous n'entendrez pas cette dite fréquence de manière naturelle, car la fréquence résultante de cette onde stationnaire sera bloquée.[19]
Il y a plusieurs nœuds dans chaque salle, et la fréquence de ceux-ci varie en fonction de la pièce dans laquelle l'on se trouve.
L'absence de murs parallèles fera en sorte que ce genre de nœuds n'apparaissent pas, car les ondes sonores se disperseront plus facilement.



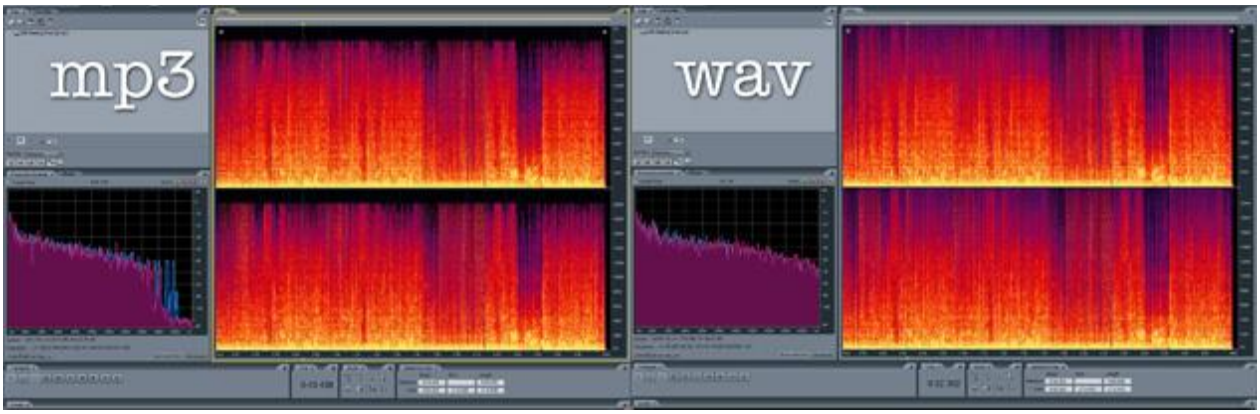
Insonorisation :

« Une fois isolé, l'acoustique de la pièce est améliorée. C'est donc un point à ne pas négliger. Attention cependant à distinguer « isolation » et « insonorisation », car ces deux termes sont souvent confondus. L'isolation va permettre d'éviter la propagation des ondes sonores en dehors de la pièce. Elle permet aussi d'éviter aux bruits extérieurs de pénétrer dans la pièce. L'insonorisation concerne l'amélioration acoustique de la pièce. Elle consiste à absorber et « casser » les sons, souvent par des surfaces avec des formes en relief.
Donc si l'isolation améliore un peu l'acoustique et la qualité sonore, l'insonorisation elle, est là pour l'optimiser nettement plus. »

*Place des musicos (www.placedesmusicos.fr)*[20]

## Retransmission

Un son riche est un son qui possède une large variété de fréquences. Par exemple, un fichier audio compressé au format *mp3* est moins riche qu'un fichier qui n'est pas comprimé, par exemple au format *wave*. Ci-dessous, deux spectres audios. Ils décrivent le même son. La seule différence entre les deux est que le premier a été comprimé et le second est naturel. (Informations et image ci-dessous)[21]




Vous constaterez que le premier spectre est bien moins complet que le deuxième, surtout en ce qui concerne les hautes fréquences.

Après avoir enregistré un son de qualité, il faudra du bon matériel pour le retransmettre de la meilleure façon possible. Pour ce faire, vous pourrez opter pour un casque audio ou bien des enceintes, mais il faudra considérer ceci : plus une fréquence est basse, plus la vibration qui l'engendre est grande. Par rapport à de grandes enceintes, une paire d'écouteurs ou un casque auront un niveau de basses plutôt plats. Avec un casque vous ne sentirez pas les basses dans votre corps, mais vous pourrez les entendre, puisque les haut-parleurs des casques audios se trouvent directement près de vos oreilles. Choisir entre les deux n'est qu'une question de goût.
Que vous utilisiez un casque ou des enceintes, ce qu'il vous faut rechercher, c'est un son fidèle. C'est-à-dire, qui n'amplifie ni les basses ni les hautes fréquences. Si vous possédez un bon fichier audio, ce qui sera généralement le cas sur une plateforme de streaming, l'écouter comme la personne qui l'a créé sera rarement une mauvaise expérience.

## Ce qui fait un bon casque audio

Il existe trois types de casques. Les intra-auriculaires, à savoir ceux qui pénètrent les oreilles, les supra-auriculaires, qui se posent simplement sur les oreilles, et les derniers. Les circum-auriculaires, qui contournent et enveloppent l'oreille. Pour une expérience plus immersive, le type à préférer est le dernier. En effet c'est celui qui vous donnera la meilleure impression d'espace.[22]

## Ce qui fait de bonnes enceintes

Les bonnes enceintes, elles aussi, sont en majeure partie qualifiées par leur fidélité au son d'origine, mais aussi par la clarté du son. Une enceinte est composée de plusieurs haut-parleurs, le plus souvent il y en a deux ou trois. Un woofer, responsable des basses fréquences, et un ou deux tweeters, qui eux se chargent des moyennes et hautes fréquences.

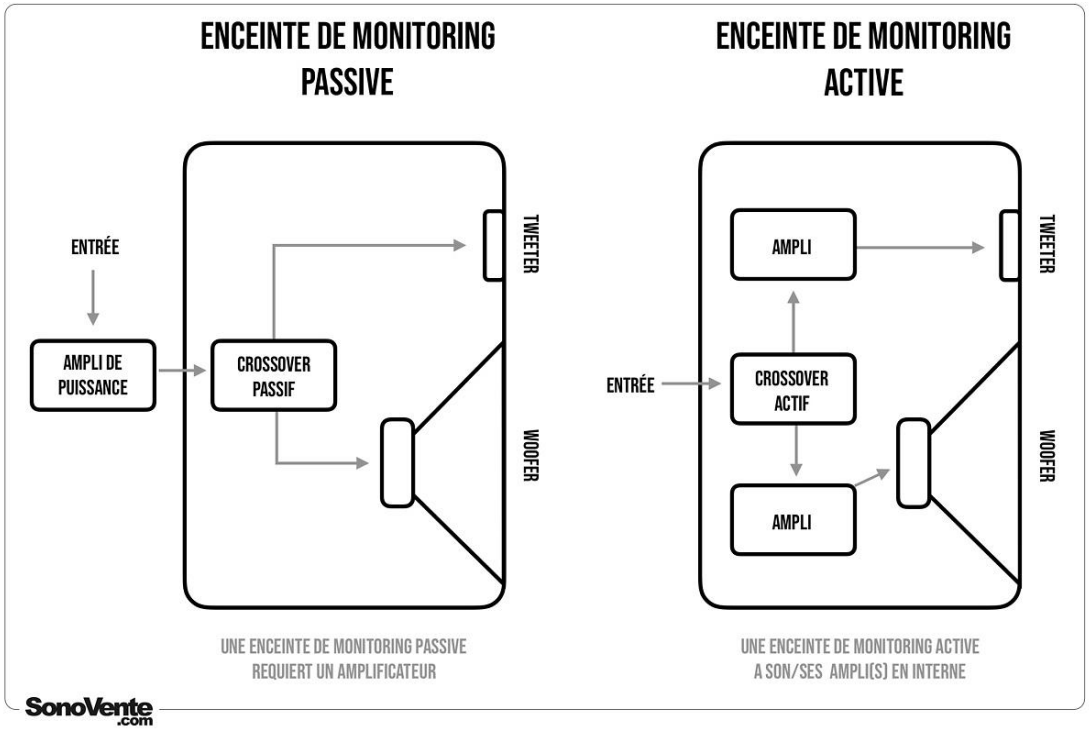



Schéma enceinte[23]

Les haut-parleurs, eux sont ce qui crée le sont dans une enceinte. Le circuit électrique qui se trouve à l'intérieur fait vibrer la membrane, qui elle fait bouger l'air, créant les vibrations à l'amplitude et la fréquence requise.[23]

Dans le schéma plus haut, vous verrez que le tweeter est plus petit que le woofer. Comme avec les éléments piézoélectriques, plus la membrane du haut-parleur est petite, et plus les fréquences produites sont aiguës.

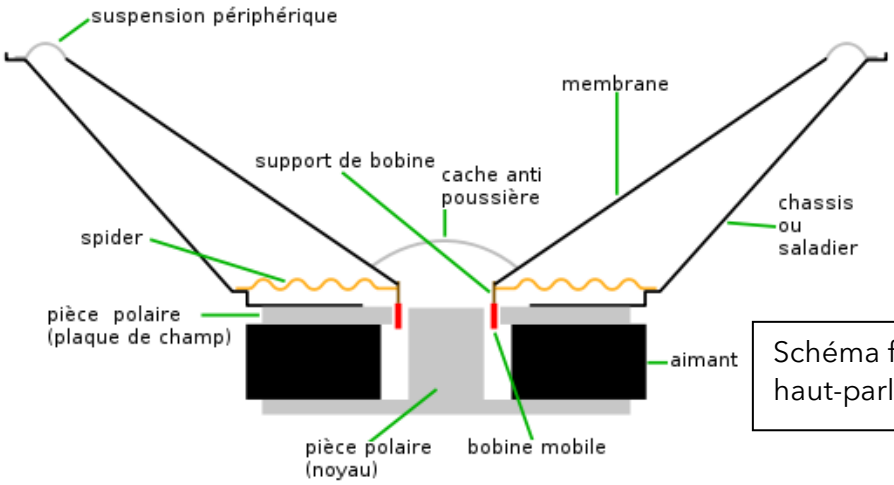



Schéma fonctionnement d'un haut-parleur[25]

# L'acoustique

« Science qui étudie les propriétés des vibrations des particules d'un milieu susceptible d'engendrer des sons, infrasons ou ultrasons, de les propager et de les faire percevoir. »

*Dictionnaire Larousse*[26]

L'acoustique est l'étude du son, qu'il se propage dans un liquide, un solide, ou un gaz.

## La psychoacoustique

« La psycho-acoustique, branche de la psychophysique, a pour objet l'étude expérimentale des relations quantitatives entre les stimulus acoustiques mesurables physiquement et les réponses de l'ensemble du système auditif : sensations et perceptions auditives. »

*Encyclopédie Universalis*[27]

### Utilité

En somme, l'acoustique étudie le comportement du son dans différents milieux, tandis que la psychoacoustique se concentre sur nos réactions face aux différents sons.

La psychoacoustique considère les réactions que le son provoque dans notre corps et notre cerveau. Grâce à certaines expériences réalisées en psychoacoustique, les ingénieurs du son peuvent créer des sons plus plaisants ou, s'ils sont artificiels, qui se rapprochent plus de la réalité.

Autant les sons plaisants peuvent être très agréables, des sons non-voulus, eux, peuvent aller jusqu'à avoir des conséquences néfastes sur notre santé. Eliminer ces sons désagréables et aider les sons voulus à atteindre leur potentiel maximal, c'est l'objectif de l'acoustique architecturale.

# L'acoustique architecturale

« Ensemble de techniques mises en œuvre pour maîtriser le son dans les bâtiments. (Elle recherche les meilleures conditions d'audition par l'étude des formes et le choix des matériaux. L'isolation acoustique se développe parallèlement.) »

Dictionnaire Larousse[28]

## Utilité

L'acoustique architecturale vise à résoudre les problèmes sonores qui surviennent par exemple dans un bâtiment ou un espace en plein air. Pour résoudre ces problèmes, aussi appelés *nuisances sonores*, les gens font appel à un acousticien. D'après le site web *Régionsjob,* « l'acousticien est un professionnel du son, qui intervient en environnement bruyant. Il peut être appelé à réfléchir à la conception d'un bâtiment pour prévenir les risques liés au bruit (en amont). »[29]

### *Les types de nuisances sonores et leurs solutions*

Les nuisances sonores, comme les nuisances visuelles telles que les ombres d'éoliennes sont des problèmes sérieux qui, à long terme, peuvent causer des problèmes psychologiques et de santé. En effet, ces nuisances peuvent avoir des conséquences sur la qualité du sommeil, sur le stress, les hormones, etc. Le manque de sommeil entraînera la fatigue, qui elle augmentera le risque de tomber malade.

Ces problèmes peuvent prendre des formes différentes pour chacun. D'après Nicolas Balanant, expert en acoustique chez Qualitel, (une association indépendante visant à « améliorer la qualité de vie » des gens en les informant, en faisant des recherches et des certificats, gage de qualité du logement) le bruit ambiant causé par les transports ferait perdre aux habitants de France au-delà d'un million d'années de vie tous les ans. Dans certains cas, le bruit ambiant, par exemple dans une grande ville (20 000 habitants ou plus), le bruit, en plus d'autres facteurs tels que l'air pollué, peut conduire à des problèmes cardiovasculaires. Une étude publiée dans le aerzteblatt.de, un journal de médecine allemand, et rédigée par le Professeur Docteur Monsieur Hajo Zeeb parle d'une augmentation du risque de soucis cardiovasculaires de 2,8% par augmentation de 10 dB. [30]

# Les métiers et formations du son

## Différents métiers liés au son

Tout comme il existe une multitude de sujets touchés par le son, il existe aussi une variété de métiers dont certains sont listés ci-dessous. Deux métiers supplémentaires seront traités plus en détail.

- Sonorisateur

Le sonorisateur a la charge de préparer le matériel et l'environnement d'enregistrement. Ce rôle peut aussi être assumé par l'ingénieur du son.

- Régisseur son

Le travail du régisseur du son est d'organiser tout le nécessaire audio pour un spectacle comme une pièce de théâtre ou un concert. Il se trouvera derrière une console de mixage, grâce à laquelle il règle toutes les différentes sources sonores

- Concepteur sonore

Le client fait appel au concepteur sonore pour créer une bande sonore sur un spectacle, film, ou un dessin animé. [31]

- Compositeur

Le compositeur écrit de la musique. Bien qu'il puisse jouer cette dernière, sa formation et son travail ne l'impliquent pas.[32]

- Arrangeur

L'arrangeur, dont le travail peut quelquefois être réalisé par le compositeur, détermine quels instruments seront utilisés pour jouer les mélodies écrites par le compositeur.[33]

- Sonogénéticien

La sonogénétique est une nouvelle technologie qui pourrait permettre de changer le comportement des cellules de manière non-intrusive en utilisant le son. Il s'agit donc d'un travail de chercheur.[34]

Maintenant, voyons quelques métiers, plus précisément deux, de plus près, en commençant par l'ingénieur du son, et ensuite l'acousticien

# Ingénieur du son

## Utilité

L'ingénieur du son est celui qui, dans un studio, s'occupe du choix du matériel et de l'enregistrement, ou sur une scène, choisit la position des micros.
Il connaît son studio et son matériel. Il peut avoir la charge de la prise de son d'un ou plusieurs artistes, dont il retouchera la performance pour y ajouter de l'émotion ou du relief. Cet aspect de son travail requière certaines fois de l'expérience, ou de l'intuition.
Le travail d'ingénieur du son fait partie du domaine de la culture et du spectacle.[35]

## Formation

En prenant l'exemple de la France, les formations pour devenir ingénieur du son vont jusqu'au bac +6, donc au-delà du niveau de maîtrise. Il n'existe qu'une école en France proposant ce genre de formations, l'Ecole nationale supérieure des métiers de l'image et du son, ou FEMIS. La formation en question s'appelle « Diplôme de l'Ecole nationale supérieure des métiers de l'image et du son (FEMIS) spécialisation son ».

La formation la plus courte en France est un BTS en Métiers du son. Celle-ci dure 2 ans.

# Acousticien

## Utilité

L'acousticien a deux tâches principales. La première est de lutter contre les nuisances sonores du quotidien, comme les bruits causés par une route ou bien le passage d'un train.

La deuxième est d'évaluer l'acoustique d'une pièce, pour savoir quoi faire pour la traiter de manière à optimiser le son. Cela peut s'appliquer à une salle de spectacle ou un studio, tout comme à une pièce dans l'habitation du client. Voir annexes.

En somme, un acousticien peut travailler à l'extérieur, par exemple pour évaluer le bruit qui sera produit par un chantier et en prévoir la réduction, ou bien, comme vu dans l'annexe, à l'intérieur que ce soit pour améliorer l'acoustique dans un salon, une salle de spectacle, un auditorium, ou un studio, pour n'en citer que quelques-uns, ou encore pour isoler une pièce de manière à ne pas déranger les voisins.

## Formation

En reprenant l'exemple de la France, les deux formations disponibles sont premièrement la maitrise en acoustique, la maîtrise en génie civil, et troisièmement, le « Diplôme d'ingénieur en génie physique »

# Conclusion

Ce travail personnel avait pour but d'en apprendre davantage sur le son, et de découvrir quels sont les métiers liés au son.

Grâce aux recherches que j'ai effectuées j'en sais beaucoup plus sur le son. J'ai désormais compris comment il survient, ainsi que comment il évolue et réagit en fonction de l'environnement.

Il existe beaucoup d'autres aspects du son mais ils dépassent le sujet que je m'étais fixé, sans pour autant être moins intéressants.

Lors de la rédaction de ce travail, j'ai rencontré une difficulté majeure, à savoir me concentrer sur les aspects essentiels de ce vaste sujet.

Le son est omniprésent dans la vie de tous les jours. C'est la raison pour laquelle il existe tellement de spécialisations différentes pour le contrôler. Nous en avons vu quelques-unes, néanmoins, deux d'entre elles m'intéressent particulièrement.

Au fur et à mesure que j'avançais dans mon travail, j'ai réalisé que les métiers qui m'attirent le plus sont ceux d'ingénieur du son et d'acousticien.

J'éprouve une grande satisfaction d'avoir pu explorer un sujet si captivant et qui m'a en plus guidé dans le choix de mon orientation professionnelle.

« Si vous voulez trouver les secrets de l'univers, pensez en termes d'énergie, de fréquence, d'information et de vibration. »

Nikola Tesla

# Annexes

Annexe 1

3.3 Problèmes techniques.

Les mesurages sonores signalés précédamment peuvent se faire par un bureau tel que et ne pose aucun problème technique.

En même temps, il y a alors lieu de faire des tests par des sources de bruit différentes pour contrôler les vibrations sonores transmises entre les deux maisons. Ce n'est que sur ces chiffres qu'on peut déterminer avec exactitude les moyens à mettre en oeuvre pour réduire éventuellement les transmissions sonores.

Le mesurage sonore ambiant sur une durée de deux journées, ainsi que les tests en questions reviendraient à un prix approximatif de 50.000.- frs HT, selon du bureau

Il est à noter ici que les bureaux Vincotte donneraient alors des propositions précises pour résoudre les éventuels problèmes accoustiques.

L'expert sousigné se permet cependant déjà ici de délimiter la problèmatique.

En premier lieu, il est absolument nécessaire de faire une chape flottante et d'éviter les contacts de la chape avec les murs. Ceci est le seul moyen de réduire les transmissions acoustiques par la dalle en béton. Au niveau du sous-sol, où une cafeteria est envisagée, un faux-plafond avec suspensions en matière plastique est à réaliser. Ce faux-plafond devrait être isolé par example par une laine de roche de 5cm minimum. 1
En principe, par ce moyen, les problèmes de transmission acoustique au travers de la dalle en béton devraient être réduits en-dessous des tolérances admises.

Le problème est cependant autrement plus difficile en ce qui concerne les transmissions au travers le mur mitoyen proprement dit.
Ici, il sera probablement très difficile d'atteindre l'isolation acoustique requise et ce à cause du mur mitoyen existant. Pour pouvoir être efficace, il faudrait avoir deux murs séparés, ce qui n'est plus réalisable. N'importe quelle solution gardera toujours des ponts accoustiques au travers de ce mur.
Aucune solution proposée ne pourra résoudre de façon définitive le problème.
Une isolation acoustique appliquée contre le mur diminuera certes la transmission acoustique, mais, elle ne pourra jamais l'annuler.
Mons. Biewer du Ministère de l'Environnement, de même que du bureau , m'ont d'ailleurs confirmé ceci par téléphone.

Comme matériaux d'isolation acoustique je pourrais proposer ici d'une part des plaques de finition accoustiques intérieures tels "Danzer". Il faudra cependant du côté arrière également prévoir une isolation supplémentaire, qui pourrait être du Foamglas, respectivement aussi de l'Heraklith qui présente également de bonnes performances acoustiques pour un prix plus raisonnable que le Foamglass. Indépendamment du matériel choisi, il faudra cependant faire attention au mode de fixation: des vices métalliques sont à éviter et il faudra choisir une fixation en matière plastique.

En dernier lieu je me permets de relever encore ici qu'il ne suffit pas d'isoler seulement le mur mitoyen, mais il faudra également isoler les parties de murs adjascentes en raison des transmissions de vibrations.

Ci-avant, l'extrait du rapport d'expertise relatif à l'isolation d'une salle de réunion dont un mur est partagé avec la maison voisine. L'expert ayant rédigé le document explique dans une première partie l'objectif à atteindre, donc le seuil de décibels à ne pas dépasser pour éviter les nuisances sonores (dans ce cas 35 décibels au-delà du volume ambiant autour de l'habitation en question).

Dans la partie surlignée, l'expert décrit la technique de la boîte dans la boîte, mais compte l'appliquer uniquement de manière partielle, puisqu'il veut isoler le plafond, le mur commun, ainsi que les deux murs adjacents au mur commun, au lieu de créer une deuxième pièce dans celle qui doit être traitée.

Ce type de document est rédigé par un acousticien.

Annexe 2

Offre de déplacement enceintes dans 5 salles de classe - sans platine sur mesure

| Item | Description | Quantity | Unit Price | Taxes | Amount |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Installation/configuration services - 2 techniciens sur place , durée de 2 jours , fourniture échaffaudage pour des travaux en hauteur - montage/démontage des échaffaudages. emplacement exact de chaque enceintes à déterminer sur place en coordination avec le service technique compétent du client.<br><br>Cette prestation de service n'inclue pas le rebouchage des trous existants dans le mur , ni des platines sur mesure pour cacher ces derniers et acheminer les câbles proprement.<br><br>Les salles doivent être mise à disposition sans interruption des travaux lors du déplacement des enceintes, fera au mieux pour rétablir tout le fonctionnement normal du système après notre intervention, mais ne pourra pas être tenue responsable pour des défauts existants dans l'installation, il est nécessaire de faire ún test audio, en présence du client, avant le début des travaux pour constater ceci. | 1,000 | 1 .437,00 € | 17% | 1 .437,00 € |
| 2 | Accessoires et petites fournitures pour l'installation | 1,000 | 200,00 € | 17% | 200,00 € |
| | | | **Subtotal** | | 1 .637,00 € |
| | | | TVA 17% | | 278,29 € |
| | | | **Total** | | **1 .915,29 €** |

Condition de paiement : 30 jours

Ci-avant, la facture relative au déplacement d'enceintes par des techniciens audiovisuels suite à la recommandation d'un ingénieur du son en vue d'améliorer l'acoustique d'un auditoire.

Annexe 3

# 2. Scope of works

The understood areas of audiovisual and acoustic design services, spread across one main area:

**: Study of structural ceiling items, cabling, stage lighting and evaluation of the sound system.**

**Please note:**

- The request for proposal will follow public tender procedures. will detail all of the technical aspects of this document, whilst the contractual and administrative clauses will be the client's responsibility.
- The tender documentation will be issued out in French language.
- The client will be responsible for publishing the tender on the online portal system.
- The tender analysis process template document will be provided by the client.

## 2.1 Project Phases

### 2.1.1.1 Audiovisual

A full technical assessment will be conducted with visits to site and a technical assessment report will be produced outlining key recommendations. This initial phase is used to gather brand standards and envelope them within the projects goals. This process involves a series of briefing sessions to establish targeted budgets, system functionality and any other important elements of design direction allowing us to form a "Design Guideline". The "Design Guideline" is not only a reverse brief allowing the

project team to reflect on the concept direction and design but also highlights budgets associated with the solution captured and creates opportunity for refinement or value engineering to align the design appropriately with initial financial targets.

Deliverables at this stage:

- AV Technical Assessment Review
- AV Design Guideline
- AV Project Budget

#### 2.1.1.2 Acoustics

This initial phase is conducted to review or create the client's acoustic standards in relation to the existing and future functionality of the space. A "Design Guideline" is then provided to outline the recommended direction in improving the acoustic criteria, primarily reverberation times, based on the intended use of this area. The purpose of this document is to share the relevant information with the project team and client, to ensure alignment is achieved.

Deliverables at this stage:

- Acoustic Assessment Review with potential recommended solutions to treat the area
- Please note: This document does not include any type of acoustical measurements, which would be required for any future detailed design work to be conducted.

Ci-avant l'extrait du devis de services de consultance audiovisuelle détaillant les phases d'intervention de l'ingénieur en vue d'élaborer un projet de sonorisation d'une salle de spectacle.

Annexe 4

Kopie

Rechnung
Nr.: 19074
Knd-Nr.:

Lieferung und Montage von CLIPSO-
Akkustikdecken als abgehängte Decken.
Die zwei mittleren Felder, mit 50 mm
Akustikvlies. Gesamt-Aufbau ca. 70 - 90 mm)

Sehr geehrte Damen und Herren,
vorab eine Übersicht für alle Decken die wir für Sie eingebaut haben:

| | Raumgröße: = m² | Materialzuschnitt: = m² | Raumumfang: = lfm | Ecken: = Stck. |
|---|---|---|---|---|
| Feld 2: | 2,05 x 6,93 | 2,60 x 7,15 | 17,96 | 4 |
| Feld 5: | 2,05 x 5,04 | 2,60 x 5,25 | 14,18 | 4 |
| | = 24,54 m² | = 32,24 m² | = 32,14 lfm. | 8 |

Wir berechnen Ihnen diese zwei Deckenfelder wie folgt:

| *Pos.* | *Mengen* | *Text* | *E-Preis* | *G-Preis* |
|---|---|---|---|---|
| | | NUR DIE ZWEI MITTLEREN DECKEN | | |
| 1.01 | 24,54 m² | Lieferung und Montage einer Unterkonstruktion aus Holz, zur Aufnahme des Akkustikvlies und der CLIPSO-Leisten. | | |
| 1.02 | 24,54 m² | Lieferung und Montage des Akkustikvlies TM50 (50mm Materialstärke) | | |

Ci-avant la facture relative à l'isolation et l'absorption sonore pour une salle de conférence.

# Références


1. Dictionnaire Larousse – le son
   - https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/son/73436
2. Bases et concepts des techniques du son (Modélisation du son, psychoacoustique, acoustique des salles, sonorisation) Olivier Calvet Numéro de page
   - Chapitre I
3. EasyZic.com, image 1
   - https://www.easyzic.com/dossiers/frequence-du-son,h24.html
4. Musée des sciences et de la technologie du Canada, image 2
   - https://ingeniumcanada.org/fr/educatif/parlez-moi-de/le-son
5. Cyberphon.ish – la vitesse du son dans différents milieux
   - http://www.cyberphon.ish-lyon.cnrs.fr/Partie2/P2C1P.htm
6. Ibid.
7. Alloprof.qc – Les types d'ondes
   - https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/les-types-d-ondes-s1133
8. L'effet de la Musique sur les plantes – image 4
   - https://sites.google.com/site/leffetdelamusiquesurlesplantes/nos-recherches
9. Culture science physique – Onde sonore sur film de savon, image 2
   - http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/ondes-capillaires.xml
10. ResearchGate – Figure 2, image 1
    - https://www.researchgate.net/figure/Spectrum-of-plucked-string-sound-of-a-classical-acoustic-guitar-open-string-E-4_fig1_265937442
11. Ibid.
12. Audition - Marc Boulet – tout sur la surdité, image 1
    - http://www.marcbouletaudition.com/pages/Les_differents_types_de_surdites-4419373.html
13. « Learn music theory in half an hour » - Andrew Huang
    - https://youtu.be/rgaTLrZGlk0
14. Dictionnaire Larousse - Décibel
    - https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/d%c3%a9cibel/22175
15. ExtremeTech.com – « Can a loud enough sound kill you? »

- https://www.extremetech.com/extreme/175996-can-a-loud-enough-sound-kill-you#:~:text=150%20decibels%20is%20usually%20considered,nearby%20chainsaw%20is%20120%20dB

16. Physique et matière - Piézoélectricité
    - http://www.physique-et-matiere.com/piezoelectricite.php
17. « Reichelt » - image 1
    - https://www.reichelt.com/de/en/piezo-element-6-4-khz-400-ohm-leaded-epz-20ms64w-p145915.html
18. Magazine en ligne *Sound on Sound* – « Practical Studio Design: Part5 »
    - https://www.soundonsound.com/techniques/practical-studio-design-part5
19. Bases et concepts des techniques du son (Modélisation du son, psychoacoustique, acoustique des salles, sonorisation) Olivier Calvet
    - Chapitre IV, 4 – « ondes stationnaires »
20. Comment isoler phoniquement son home studio ?
    - https://www.placedesmusicos.fr/comment-isoler-phoniquement-son-home-studio/
21. « Lossless Audio – How important is it », image 1
    - https://crossfadr.com/2013/06/28/lossless-audio-how-important-is-it/
22. Cnetfrance.fr – « comment bien choisir son casque audio ou ses écouteurs »
    - https://www.cnetfrance.fr/produits/comment-bien-choisir-son-casque-audio-ou-ses-ecouteurs-39793232.htm#:~:text=Bien%20s%C3%BBr%2C%20un%20bon%20son,instruments)%20et%20une%20bonne%20spatialisation
23. Sonovente.com – choisir ses enceintes de monitoring, image 2
    - https://www.sonovente.com/guides/choisir-enceinte-monitoring.html
24. Sonovente.com – comment fonctionne un haut-parleur ?
    - https://www.sonovente.com/guides/comment-fonctionne-haut-parleur.html
25. Audiofanzine.com – la suspension et l'aiment d'un haut-parleur, image 1
    - https://fr.audiofanzine.com/haut-parleur/editorial/dossiers/la-suspension-et-l-aimant-d-un-haut-parleur.html

26. Dictionnaire Larousse – l'acoustique
    - https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/acoustique/798#:~:text=Science%20qui%20%C3%A9tudie%20les%20propri%C3%A9t%C3%A9s,et%20la%20diffusion%20du%20son
27. Encyclopédie Universalis – psycho-acoustique
    - https://www.universalis.fr/encyclopedie/psycho-acoustique/
28. Dictionnaire Larousse – L'acoustique - Expressions
    - https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/acoustique/798#:~:text=Acoustique%20architecturale%2C,et%20le%20choix%20des%20mat%C3%A9riaux.
29. Régionsjob.com – « Fiche métier Acousticien »
    - https://www.regionsjob.com/observatoire-metiers/fiche/acousticien
30. Aerzteblatt.de – « Myocardial Infarction Risk Due to Aircraft, Road, and Rail Traffic Noise: Results of a Case–Control Study Based on Secondary Data »
    - https://www.aerzteblatt.de/int/archive/article?id=179922
31. Philharmonie de Paris – METIERS DE L'ACOUSTIQUE (source de sonorisateur, régisseur son et concepteur sonore)
    - https://metiers.philharmoniedeparis.fr/ingenieur-du-son-technicien-du-son.aspx
32. Site web « métiers. » - « Compositeur·rice »
    - https://metiers.siep.be/metier/compositeur-compositrice/#:~:text=La%20fonction%20principale%20d'un,des%20rythmes%20et%20des%20timbres.&text=L'oeuvre%20musicale%20ne%20sera,%C3%AAtre%20jou%C3%A9e%20par%20un%20interpr%C3%A8te.
33. Site web « métiers. » - « Arrangeur·euse »
    - https://metiers.siep.be/metier/arrangeur-arrangeuse/
34. NeuroscienceNews.com – « The new field of sonogenetics uses sound waves to control the behavior of brain cells »
    - https://neurosciencenews.com/sonogenetics-brain-control-14689/
35. Beruffer.anelo.lu – « Ingénieur/e du son »
    - https://beruffer.anelo.lu/fr/jobs/ingenieur_e-du-son

Citations :

Anatole France : Dicocitation.lemonde.fr

- https://dicocitations.lemonde.fr/citations/citation-58075.php

André Téchiné : Le figaro - Scope

- http://evene.lefigaro.fr/citation/salutaire-mettre-images-sons-traumatismes-historiques-plutot-vo-78585.php

Nikola Tesla : Le Parisien – Citation Célèbre

- https://citation-celebre.leparisien.fr/citations/128387