

FRANÇOIS BONIN

DÉCIBELS

Recherche sur l'intensité du son

Avant-propos

Cette étude, sur l'intensité du son, est reliée en grande partie à des mesures concrètes que nous avons effectuées sur différentes sources sonores à partir d'un petit sonomètre. Vu que les informations théoriques sont complétées par des expérimentations, nous qualifions ce petit travail de recherche plutôt que d'étude.

Les parties 1 et 2 portent sur les caractéristiques du son ainsi que sur le fonctionnement sommaire de l'oreille. La partie 3 relate les mesures enregistrées par notre sonomètre à partir de sources diverses.

Comme d'habitude, un mot suivi d'un astérisque est défini dans le glossaire.

PARTIE 1

LE SON

Chapitre 1.1 : Qu'est-ce que le son?

Le son est une vibration mécanique d'un fluide* qui se propage, sous forme d'ondes longitudinales, grâce à la déformation élastique de ce fluide. Dans les fluides, l'onde sonore est longitudinale, c'est-à-dire que les particules vibrent parallèlement à la direction de l'onde. L'onde est une perturbation qui se propage sans déplacement permanent de matière.

Les solides peuvent aussi transmettre un son vu que la vibration se propage par une faible oscillation de leurs atomes. La rigidité du matériau permet, en plus de la propagation d'une onde longitudinale, la transmission d'ondes de contraintes transversales.

La vitesse de propagation du son dans l'air, à 20°C, est d'environ 343 m/s alors qu'elle est de 1 430 m/s dans l'eau et atteint environ 5 000 m/s dans

l'acier. Par contre, le son ne se propage pas dans le vide, vu l'absence de matière à faire vibrer.

Chapitre 1.2 : Caractéristiques des sons.

Il y a trois paramètres importants qui définissent un son, soit l'intensité, la hauteur et le timbre; la direction d'origine de l'onde sonore est aussi un élément qu'il faut tenir compte.

L'intensité d'un son est liée à son amplitude et peut se mesurer de deux façons. On identifie l'amplitude du son en mesurant d'abord l'énergie transportée par l'onde sonore par unité de temps et de surface; cette mesure s'exprime en Watt divisé par mètre au carré (W/m^2). C'est la mesure de la puissance acoustique qui représente l'écart entre la pression la plus forte et la plus faible exercée par l'onde acoustique. Plus l'amplitude est grande, plus le son est fort.

Concrètement, l'intensité du son dépend de la puissance de la pression reçue à nos oreilles. Pour l'évaluer, on utilise habituellement un microphone qui transforme la pression acoustique en un signal électrique qui est alors mesuré par le sonomètre. Plus on s'éloigne de la source, qui produit le bruit ou le son, plus le niveau de la pression acoustique diminue et, par le fait même aussi, le signal identifié par le sonomètre.

La pression acoustique, l'intensité, s'exprime en décibels (dB). Un décibel correspond à peu près à la plus petite variation de volume sonore perceptible par l'oreille humaine.

Les décibels se réfèrent au logarithme décimal de la puissance et, pour la pression acoustique, les décibels sont proportionnels au carré de la pression. Multiplier la pression acoustique par 10, cela augmente la puissance sonore par 100; si nous augmentons la pression par 100, la puissance passe alors à 10 000.

Une manière plus simple pour comprendre la relation entre la variation en décibels et la variation de l'intensité acoustique est de suivre certaines règles de base. Lorsque qu'un sonomètre indique une augmentation de 3

dB du signal sonore d'origine, cela signifie que l'intensité de ce signal a été doublée; si c'est 10 dB qui apparaissent de plus sur le sonomètre, c'est que l'intensité a été multipliée par 10 et s'il y avait une augmentation de 20 dB, cela voudrait dire que l'intensité du signal de départ aurait été multipliée par 100. Par exemple, la mesure de 26 dB se réfère à une intensité qui est le double de celle qui est mesurée à 23 dB et celle de 23 dB correspond au double de l'intensité marquée par 20 dB.

La hauteur d'un son est identifiée par la fréquence. La fréquence correspond au nombre de vibrations par seconde. Le « la » du diapason vibre à la fréquence de 440 Hz; plus la fréquence est élevée, plus le son est aigu.

Le timbre* est ce qui, dans le signal acoustique, nous permet d'identifier la nature de la source sonore.

Un son en dessous de 80 dB ne fait pas courir vraiment de risques alors que dépassé le niveau de 85 dB, les protections auditives sont requises si nous sommes exposés durant plusieurs heures à ce stress. À partir de 120 dB, c'est le seuil de la douleur, cependant, les dommages sur l'audition débutent bien avant d'atteindre ce niveau extrême.

Chapitre 1.3 : Paramètres qui peuvent influencer l'intensité d'un son.

L'intensité sonore dépend principalement de l'intensité sonore d'origine, de la distance du récepteur à la source, du milieu dans laquelle l'onde sonore se propage et de la présence d'obstacles.

Le niveau de l'intensité sonore est dépendant de la distance à la source et plus on s'éloigne de la source, moins le niveau sonore est fort; on perd environ 6 dB lorsqu'on double la distance à la source qu'on dit ponctuelle, c'est-à-dire, une source sonore qui est assimilable à un point précis et qui n'est pas très éloignée, par exemple, lorsque notre auto est dans notre cour le moteur en marche; par contre, lorsque la source est assimilable à une ligne, comme une filée d'autos sur une autoroute, le niveau de la pression acoustique ne diminue que de 3 dB par doublement de la distance. Cela s'explique par la forme de l'onde qui est produite et qui se propage. À

partir d'une source ponctuelle, la propagation de l'onde est omnidirectionnelle et elle décroît plus rapidement que l'onde de forme cylindrique résultant des autos qui se suivent à la queue leu leu.

L'efficacité des barrières anti-bruit est reliée au matériau utilisé, à la hauteur de l'écran protecteur et à la longueur d'onde qui frappe ces barrières. Les écrans protecteurs sont plus efficaces lorsqu'ils sont attaqués par les ondes de longueurs courtes, donc de fréquences élevées, que par des ondes de grandes longueurs, qui se manifestent par des basses fréquences.

L'absorption atmosphérique montre peu d'effet sur les bruits riches en basses fréquences; les ondes reliées aux basses fréquences peuvent se propager très loin. Les sons se propagent plus loin par temps humide que par temps sec.

Par une belle journée ensoleillée, le son a tendance à monter dans l'atmosphère alors que durant la nuit, le son est rabattu vers le sol. Durant le jour, la température diminue avec l'altitude alors que la nuit, elle augmente. La vitesse de propagation décroît lorsque la température augmente, car l'élasticité du milieu augmente.

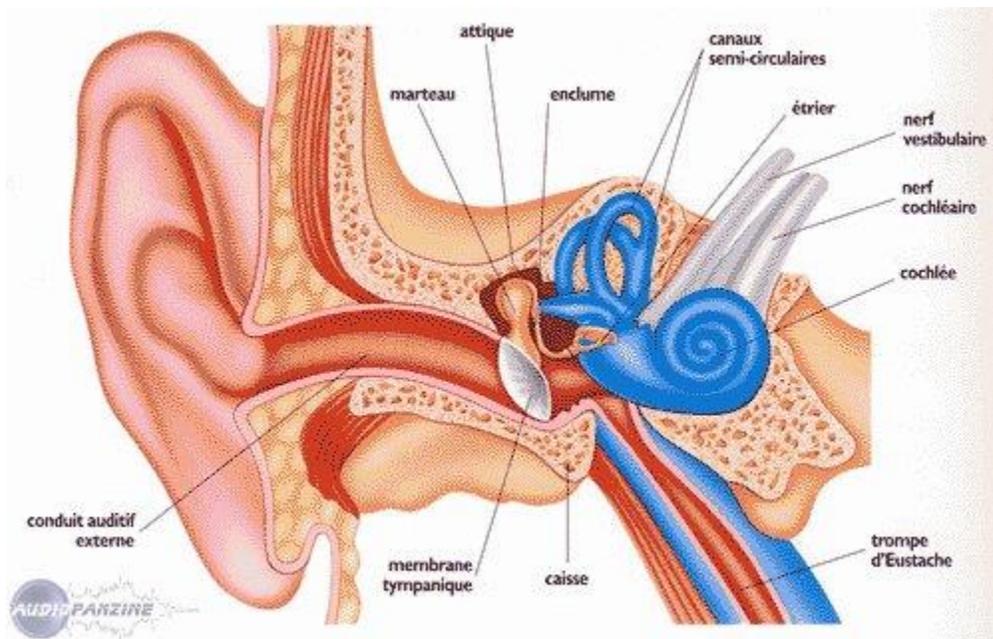
Le vent a une influence négligeable sur des faibles distances, plus petites que 50 m, mais il réduit le nombre de décibels lorsque la distance de la source est plus éloignée et que la source fait face au vent.

Le milieu environnant a aussi un impact sur la propagation de l'onde sonore. L'eau et le béton, entre autres, sont des surfaces réfléchissantes alors que les surfaces absorbantes sont constituées principalement par la végétation ou par certains matériaux, comme le liège. Près des surfaces qui réfléchissent, il y a une augmentation du niveau de la pression acoustique. Par exemple, une onde sonore qui produit une pression acoustique de 50 dB sera portée à 53 dB à deux mètres d'un mur réfléchissant car une partie de l'onde, qui est réfléchiée, s'additionne alors à l'onde originelle.

PARTIE 2

NOTRE OREILLE

Chapitre 2.1 : Structures et fonctionnement de notre système auditif.



Le résumé qui suit est en grande partie emprunté au site Oreillemudry.ch, mais nous l'avons simplifié pour faciliter une meilleure compréhension.

Les variations de pressions acoustiques sont captées par l'oreille de deux manières différentes soit par la conduction aérienne, en transitant par les trois parties de l'oreille, soit par une conduction osseuse, en stimulant directement l'oreille interne, par vibration des structures osseuses qui l'entourent. La conduction aérienne est plus performante que la conduction osseuse.

Voyons comment nous arrivons à percevoir les sons. Tout d'abord, l'onde sonore, captée par le pavillon de l'oreille, frappe le tympan et le fait vibrer; l'onde est alors transformée en énergie mécanique et cette énergie, amplifiée par les osselets, est transmise à l'oreille interne par l'action de

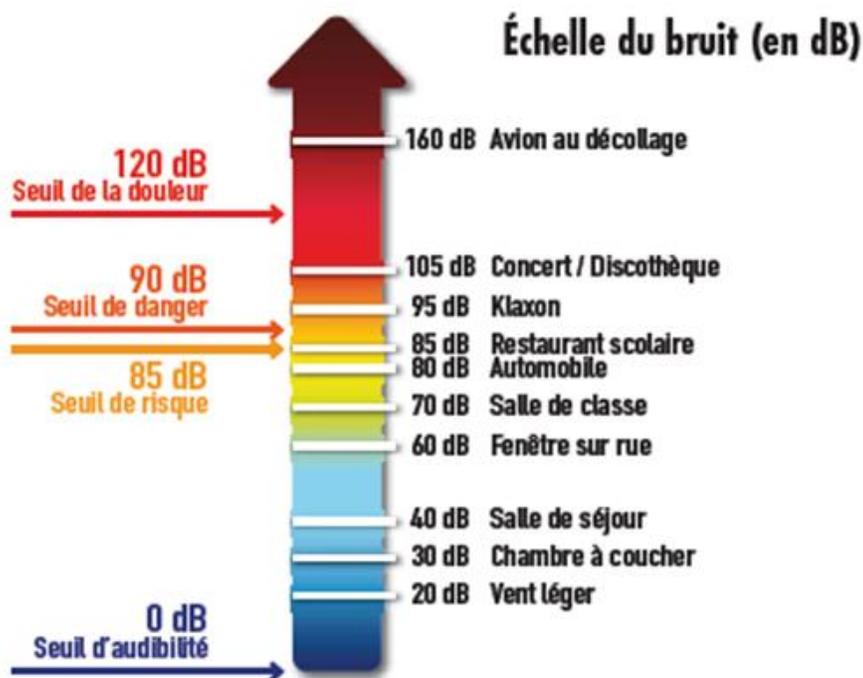
l'étrier. Cette énergie mécanique active le liquide contenu dans l'oreille interne et ce liquide va frapper une membrane qui stimule, par la suite, les cellules ciliées. Les cellules ciliées externes servent d'amplificateur cochléaire et les cellules ciliées internes d'analyseur de fréquences. Chaque fréquence va stimuler la cochlée à un certain endroit; les basses fréquences sont captées par le sommet de la cochlée et les hautes fréquences par sa base. Il y a alors plusieurs actions qui aboutissent à une réaction électro-physiologique au niveau des filaments nerveux du nerf auditif, placés à la base des cellules ciliées. Le son est ainsi transformé en énergie électrique et celle-ci est finalement envoyée au cerveau et interprétée.

On différencie la surdité de transmission, qui concerne le système transmettant le son, et la surdité de perception concernant la partie qui réceptionne le son, le transforme et l'envoie au cerveau.

Chapitre 2.2 : Capacités auditives.

Nos oreilles sont capables de capter des pressions extrêmement faibles, soit un milliard de fois plus faible que la pression atmosphérique.

Les fréquences sonores perçues par l'oreille humaine couvrent une plage qui s'étend environ de 16 Hz à 20 kHz. En dessous de 16 Hz, nous parlons d'infrasons alors qu'au-dessus de 20 kHz nous disons ultrasons. La catégorie des hypersons débute à 1 GHz.



PARTIE 3

EXPÉRIMENTATIONS

Chapitre 3.1 : Appareil de mesure.

Notre appareil de mesure est un sonomètre de marque VLIKE; c'est le modèle PT02 LCD. Il couvre une bande de fréquences qui s'étend de 30 Hz à 8 000 Hz et des niveaux de 30 décibels à 130 décibels avec une précision de plus ou moins 1.5 décibel. Il a une fonction pour capter le son d'une durée aussi courte qu'un huitième de seconde. Vu que le sonomètre est très rapide, la mesure la plus lente s'effectuant à la seconde, il est difficile d'avoir une lecture stable d'un bruit ou d'un son qui n'est pas continu; par exemple, dans le cas d'une personne qui parle, il y a des espaces entre les mots prononcés; le sonomètre les détecte et la mesure varie.

L'oreille humaine n'est pas aussi objective que le sonomètre et afin que le niveau mesuré corresponde à celui perçu par l'oreille, le sonomètre

contient des filtres de pondération. On utilise le filtre A lorsque les niveaux sont compris entre 0 et 55 dB, le filtre B pour les niveaux se situant entre 55 et 85 dB et le filtre C pour les bruits encore plus forts.

À une fréquence de 500 Hz, la pondération du filtre A est de -3 dB; à 1 000 Hz, la pondération est de 0 dB alors qu'elle est de + 1 dB à la fréquence de 2 000 Hz.

Même si notre recherche s'effectue surtout à partir de sources sonores continues, nous nous sommes quand même amusés à mesurer des sons provenant de sources sonores discontinues. Les sources sonores continues, comme le bruit produit par une tondeuse, un déshumidificateur ou autre, permettent d'obtenir une plus grande stabilité de la mesure et de vérifier aussi, d'une manière plus précise, l'influence de divers paramètres sur l'intensité du son.

Une variante du sonomètre, le dosimètre*, possède sa propre norme internationale (CEI 61252 :1993).

Chapitre 3.2 : Expérimentations effectuées à partir de sources sonores continues.

Nous avons commencé par mesurer l'intensité du bruit produit par les appareils apparaissant dans le tableau 1 ici-bas, car ces bruits sont produits par des moteurs qui sont censés présenter une régularité; en vérifiant ces sons, nous avons pu vérifier la fiabilité de notre sonomètre et constater l'effet de la distance sur l'intensité du son.

Que pouvons-nous déduire de cette première expérimentation? Tout d'abord disons que le sonomètre semble passablement régulier vu que la variation d'une mesure ne fluctue pas plus de 2 dB. Nous croyons que la variation de la mesure est liée à la grande sensibilité de l'appareil et au fait que la pression acoustique n'est pas parfaitement constante, malgré que la source sonore soit continue, vu qu'un moteur offre rarement un roulement parfait. En outre, nous pensons que le sonomètre est influencé par d'infimes variations résultant des nombreuses sources sonores existantes

dans une maison. Le sonomètre mesure une pression acoustique de 35.8 dB comme niveau de base dans la maison.

La distance a évidemment une incidence sur l'intensité d'une source sonore; malgré que les chiffres fluctuent, la tendance à la baisse des décibels ressort clairement avec l'éloignement de la source. Cependant, la réduction de la pression acoustique n'est pas aussi prononcée que ce que la théorie prédit; on nous prédisait une diminution de 3 à 6 dB, dépendamment de la source, alors que nos résultats indiquent une diminution qui dépasse rarement 2 dB.

La hauteur de la collecte du son semble importante et le niveau de décibels est toujours plus élevé lorsque la mesure est prise près du sol plutôt qu'au-dessus de l'appareil. Il est probable que ces résultats soient reliés au fait que les sources étudiées avaient leur base sur le sol.

Les mesures prises près d'une barrière indiquent, comme il est prévu, une augmentation de l'intensité vu que l'onde qui frappe le mur revient en partie et s'additionne à l'onde originale.

Tableau 1
Prises de son pour sources sonores continues

Particularité/intensité	dB	dB	dB	dB
	Déshumidificateur	Aspirateur	Tondeuse	Chaufferette
FACE À LA SOURCE	rectangle	cercle	rectangle	rectangle
Distance				
1 mètre	57.7-58.8	73.9-75.5	88.8-90.6	52-54
2 mètres	55.6-56.8	73.5-74.4	86.5-88	49.2-52
Avec une barrière				
À 1 mètre	61.5-63	82.3-83.1	88.5-90.5	51.9-54.2
En hauteur				
À 1 mètre et au sol	59.2-61	75.5-77.1	89.9-91.2	52.4-54
À 1 mètre et au-dessus	57.7-58.8	73.4-74.5	87.5-89	48.8-50.5

À 90° DE LA SOURCE

Distance

1 mètre	56.9-58.2	74.2-76.1	86.9-88	50-51.2
2 mètres	53.1-54.5	72.2-73.1	85.8-87.1	50.4-52.8

Avec une barrière

À 1 mètre	58.9-59.9	79.5-80.7	89.5-91.4	53.9-56.4
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

En hauteur

À 1 mètre et au sol	57.3-58.3	76.2-77.7	87.9-90	51.6-53.2
À 1 mètre et au-dessus	55.7-56.9	74.1-76.9	86.6-88.2	48.5-50.2

Pour nous amuser, mais aussi par curiosité, nous avons vérifié si la chaleur pouvait avoir une incidence sur la pression acoustique; pour ce faire, nous avons mis le sonomètre sous une source de chaleur provenant d'une lumière; il en ressort que notre sonomètre n'a pas indiqué de changement lorsque la lumière était éteinte ou lorsque la lumière allumée réchauffait notre appareil.

L'eau qui coule d'un robinet avec un certain débit produit un son de 86.5 dB et de 73.4 dB environ lorsque l'on s'éloigne d'un mètre de la source. Nous ne savons pas pourquoi la différence est si importante ici.

Chapitre 3.3 : Expérimentations effectuées à partir de sources sonores discontinues.

-A : À partir du clavier électronique.

Une note de musique correspond à une fréquence du son à toutes les octaves accessibles et l'oreille humaine peut discriminer à peu près 10 octaves entre 20 Hz et 20 KHz. Étant donné que la fréquence d'une note est multipliée par deux, lorsque nous passons à une octave supérieure, la fréquence sonore de 880 Hz représente encore un « la », vu que le fameux « la » du diapason possède une fréquence de 440 Hz.

Pour vérifier si la fréquence d'un son a une influence sur la pression acoustique et le nombre de décibels, nous avons effectué des prises de son pour la note « la » à différentes fréquences et nous avons, après 5 essais, pris le maximum de décibels atteints. Le tableau 2 nous révèle les résultats. Le sonomètre installé près du haut-parleur indique une valeur de base de 39.5 dB, vu qu'il détecte, probablement, le bruit émis par le clavier sous tension. On se rappelle que le sonomètre indique 35.8 dB lorsqu'il est simplement posé sur une table dans la maison. 0 dB est le seuil d'audibilité pour la majorité des personnes et l'être humain pour distinguer une différence de niveau de 1 dB.

Tableau 2
Fréquences et décibels du « la ».

Fréquences	Décibels
220 Hz	84 dB
440 Hz	84.9 dB
880 Hz	83.7 dB
1760 Hz	74 dB
3520 Hz	76 dB

Notre sonomètre montre une diminution importante du nombre de décibels pour les fréquences plus élevées, alors qu'il est stable pour les petites et moyennes fréquences. Cela peut s'expliquer par le fait que l'intensité d'un son est fonction de l'amplitude des vibrations de la source sonore; plus l'amplitude d'une onde est grande, plus l'intensité l'est aussi et plus le son est fort. Avec les fréquences élevées, nous avons une onde qui est plus courte et une amplitude qui est aussi habituellement plus faible. En outre, les ondes sonores sont un peu plus atténuées dans l'air quand la fréquence augmente, car elles sont absorbées plus rapidement.

Toujours à partir de notre clavier électronique, nous avons vérifié s'il y a des différences au niveau des décibels lorsque nous jouons du piano, de la guitare ou autres; en fait nous voulions vérifier si le timbre sonore a une influence sur l'intensité. Comme pour nos mesures sur les fréquences, nous

avons fait 5 essais et nous avons pris le maximum obtenu par les instruments identifiés.

Tableau 3
Timbres sonores et intensité

Timbres	Décibels
Piano	84.9 dB
Trompette	91 dB
Guitare classique	82 dB
Guitare électrique	92 dB
Accordéon	91 dB

Est-ce que le timbre produit par un instrument influence vraiment l'intensité sonore, comme il ressort dans nos résultats? Le timbre est une caractéristique du son qui permet à l'oreille de distinguer deux sons, qui ont la même fréquence et la même intensité, mais proviennent d'instruments différents; cependant, vu que le sonomètre nous fournit des résultats différents pour certains instruments, il est possible que cette différence provienne de notre clavier électronique qui serait calibré pour fournir une intensité différente selon les instruments qu'il représente.

Le son le plus pur est celui produit par un diapason qui reflète un « la » avec une fréquence de 440 Hz; ce son est constitué presque uniquement de vibrations ayant une fréquence de 440 Hz. Par contre, le « la » produit par le piano, la trompette, l'accordéon ou la guitare se compose d'une vibration principale de 440 Hz, comme celle du diapason, à laquelle se superposent d'autres vibrations dont les fréquences sont des multiples entiers de la fréquence fondamentale de 440 Hz. Les intensités reliées à ces vibrations supplémentaires déterminent alors le timbre de la note et nous permettent de discriminer entre les sources qui produisent les sons.

-B : À partir de la télévision.

Nous avons identifié le niveau de décibels atteints sur notre sonomètre à partir des émissions du matin présentées à RDI de Radio-Canada et LCN de TVA, afin de vérifier s'il y a des différences au niveau sonore. Ensuite, nous

avons examiné le nombre de décibels produits lorsque ces émissions font une pause et sont remplacées par de la publicité.

Les mesures indiquées reflètent le maximum de décibels atteints à l'intérieur de 5 minutes de chacune des émissions. Nous avons effectué trois fois cette opération pour en faire une moyenne. De même, nous avons retenu le maximum de décibels enregistrés pour trois publicités dans chacun des émissions écoutées. Le niveau sonore de base en décibels était de 36.4 dans le sous-sol, endroit où nous avons pris nos mesures.

Les chiffres des tableaux 4 et 5 indiquent le nombre minimum et maximum de décibels enregistrés pour chacun des essais; la moyenne de ces enregistrements se situe entre ces deux extrêmes.

L'expérience montre que le niveau sonore maximum atteint lors de l'émission Le Québec matin est passablement plus élevé que le maximum atteint lors de l'émission RDI matin; par contre le minimum enregistré dans chacune des émissions est comparable.

Tableau 4
Comparaison du niveau sonore des émissions

	1	2	3	M
RDI matin	38.8-51.3	41.9-52.8	37.8-51.8	39.5-51.9
Le Québec matin	41.5-57.1	39.1-59.2	39.2-58.1	39.9-58.1

En ce qui concerne les publicités enregistrées lors de ces émissions, il ressort une grande similitude entre les deux réseaux quant aux minima et aux maxima pour chacune des publicités. Il est même étonnant de constater que les maxima enregistrés lors des publicités ne dépassent pas ceux des émissions et que les mesures des publicités présentées, lors de l'émission Le Québec matin, soient même moins fortes que celles de l'émission elle-même.

Tableau 5
Comparaison du niveau sonore des publicités

	1	2	3	M
RDI matin	42.1-52.2	39.3-51.2	37.5-50.1	39.6-51.1
Le Québec matin	41.3-51.2	38.9-53.2	39.1-51.2	39.7-51.8

Le grand écart entre les maxima et les minima provient du fait qu'il y a des micros pauses dans le langage et à ce moment le sonomètre enregistre la diminution de la pression acoustique et donc des décibels.

-C : À partir de bruits provenant de l'extérieur.

Les silences le plus parfaits dans la nature sont d'environ 20 dB. Les sons les plus graves proviennent du sol et non de l'air. L'environnement sonore à l'extérieur de la maison se situe entre 37.7 dB et 41.9 dB.

Un gland qui tombe de notre chêne et qui frappe une feuille en tombant produit un son qui s'élève à 47 dB, dépendamment de la hauteur de la chute et de la proximité du sonomètre. Une auto qui passe devant la maison fait grimper le sonomètre à 57 dB, dépendamment aussi de sa cylindrée.

PARTIE 4

UTILITÉ DES ONDES SONORES

Dans les échographies, les ultrasons, dont les fréquences sont comprises entre 2 MHz et 10 MHz, sont utilisés pour explorer les organes du corps humain.

La technique échographique est aussi utilisée lors d'échographie Doppler alors que les ultrasons produits se réfléchissent sur les hématies* en mouvement constituant le sang; l'écho est enregistré et on peut alors déterminer la vitesse du sang dans les veines et les artères.

Les télémètres sont des appareils utilisant aussi des ultrasons; ils sont très appréciés dans l'industrie pour déterminer une distance.

Les sonars sont des appareils qui utilisent les propriétés de la propagation du son dans l'eau pour détecter et situer les objets dans les fonds marins.

Les radars, quant à eux, émettent un son à une fréquence connue, habituellement 24.125 GHz. Tout véhicule se trouvant dans le champ de l'onde va la réfléchir. Vu que l'onde réfléchie présente une fréquence différente de celle émise, il suffit de mesurer cette différence pour obtenir la vitesse du véhicule.

La vitesse de propagation d'une onde sonore à travers différents matériaux aide l'industrie à préciser la composition des différents matériaux

matériau	vitesse de propagation (m/s)	matériau	vitesse de propagation (m/s)
Dioxyde de carbone	259	Platre	2400
Oxygène	316	Béton	3100
Air sec à 0°C	331	Bois	3300
Air sec à 20°C	343	Or	3240
Vapeur d'eau	494	Os	4080
Alcool	1200	Acier	5000
Plomb	1250	Fer	5950
Eau	1430	Aluminium	6420
Eau de mer	1530	Diamant	20 000

CONCLUSION

Que conclure de cette petite recherche?

-Il est plus facile d'effectuer des relevés de littérature que de produire des résultats précis à partir d'expériences.

-La grande variation détectée par le sonomètre rend difficile la mesure précise d'une source. En fait, nous nous promenons entre un minimum et un maximum pour chacune des mesures.

-Le sonomètre est plus précis que l'oreille pour détecter les sons. Il est amusant de constater que le sonomètre détecte des sons que notre oreille ne perçoit pas et qu'il est aussi capable d'identifier plus de variations que nous. Il est possible que le cerveau joue un rôle qui permet de faire l'analyse des sons entendus et d'en faire une synthèse qui facilite la compréhension et les comparaisons. On dit que l'oreille humaine peut discriminer 1 dB alors que le sonomètre est capable d'identifier des écarts beaucoup plus faibles.

Les sons sont omniprésents dans notre univers composé de matière; leur détection par nos oreilles est essentielle ainsi que l'analyse et la synthèse qu'en fait le cerveau. Tout cela nous aide à comprendre notre environnement et à assurer notre sécurité, tout en permettant la communication verbale entre les êtres humains. À bon entendeur, salut.

GLOSSAIRE

Dosimètre : Un appareil qui mesure la dose reçue par une personne exposée à un rayonnement ionisant.

Fluide : Un milieu matériel parfaitement déformable tel que les liquides, les gaz et les plasmas.

Hématie : Cellule du sang transportant l'hémoglobine.

Timbre : Qualité particulière du son, indépendante de son intensité ou de sa hauteur, mais spécifique de l'instrument, de la voix qui l'émettent.

SITES INTERNET

Couleur-science-eu
Dangersduson.free.fr

Ecolicinevideo.free.fr
 Energieplus-lesite.be
 Ljccapteurs.com
 Maxicours.com
 Mdevmd.accesmad.org
 Oreillemudry.ch
 Superprof.fr
 Wikipédia.org

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos :.....	2
PARTIE 1 : Le son.....	2
Chapitre 1.1 : Qu'est-ce que le son?.....	2
Chapitre 1.2 : Caractéristiques des sons.....	3
Chapitre 1.3 : Paramètres influençant l'intensité du son.....	4
PARTIE 2 : Notre oreille.....	6
Chapitre 2.1 : Structures et fonctionnement de l'oreille.....	6
Chapitre 2.2 : Capacités auditives.....	7
PARTIE 3 : Expérimentations.....	8
Chapitre 3.1 : Appareil de mesure.....	8
Chapitre 3.2 : Expérimentations avec sources continues.....	9
Chapitre 3.3 : Expérimentations avec sources discontinues.....	11
PARTIE 4 : Utilité des ondes sonores.....	15
Conclusion :.....	16
Glossaire :.....	17
Sites internet :.....	17
Table des matières :.....	18