

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI, TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de fin d'études

**Présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en
Electronique**

Option : Communication

Thème:

Etude et conception d'un audiomètre sans fil: utilisation du système Bluetooth.

Proposé et encadré par :

Mr : HADDAB.S.

Etudié et réalisé par:

M^{elle}. ACHOUR Sabrina

M^{elle}. BOUHADOUN Sonia

**Année universitaire
2010/2011**

Remerciements

Nous tenons avant tout de remercier le bon Dieu pour le courage et la patience qu'il nous a donnée afin de mener ce projet a terme.

Nous remercions vivement Mr. S.HADDAB notre promoteur pour la précieuse assistance, sa disponibilité et son soutien qu'il nous accordé tout au long de ce projet.

Que les membres de jury trouvent ici l'expression de nos sincères remerciements pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger notre travail.

Que cette page soit aussi le parfait témoignage de notre gratitude envers tous nos amis qui nous ont aidé, de près ou de loin, à élaborer ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

➤ *A mon regretté père :*

Que dieu puisse l'accueillir dans son vaste paradis.

➤ *A ma chère et tendre mère :*

A celle qui a tout souffert, sans me faire souffrir, qu'elle trouve dans ce mémoire le témoignage de ma reconnaissance et de mon affection pour tous les sacrifices, l'extrême amour qu'elle m'a offert pour me voir réussir, que dieu la protège .

➤ *A ma chère grand-mère.*

➤ *A mes sœurs :*

Zakia et son mari Hocine.

Zohra et son mari Karim, sans oublier son petit ange Manel.

A qui je souhaite toutes les réussites et le bien être.

➤ *A mes frères :*

Djamel et son épouse Malika et leurs enfants : Nadia, Yasmina, Ghani, Yacine.

Hamid et son épouse Fatima et leurs enfants : Chahineze, Lydia, wassim.

Amar et son épouse Chafia.

Mourad et sa fiancée Amel.

Hassan. Et Abderrazak,

En témoignage de mon profond amour et respect, aux quels je souhaite le succès et le bonheur.

Que dieu nous protègent et nous préserve le bonheur et la santé.

➤ *A mes ami(e)s*

A tous mes ami(e)s, tous ceux que j'aime, tous ceux qui m'aime et tous ceux qui me sont chers, à mon cœur: Yacine, Samir, Salih, Faroudja, Lamia,...

➤ *A ma binôme et amie Sonia et sa famille.*

➤ *A toute la promo 2010/2011.*

Sabrina



Sommaire

Sommaire

Introduction Générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I : Généralités sur le son

I.1. L'acoustique	3
I.2. Définition du son	3
I.2.1. Différents types de son	3
I.2.1.1. Son pur	3
I.2.1.2. Son complexe	4
I.3. Caractéristiques physiques du signal sonore	5
I.3.1. La hauteur	5
I.3.2. L'intensité (ou amplitude)	5
I.3.3. Le timbre	5
I.3.4. La durée	5
I.4. Le décibel et l'oreille humaine	7
I.5. La mesure du son	8
I.6. Propagation de l'onde sonore	8
I.6.1. La vitesse de propagation d'une onde sonore	8
I.6.2. Phénomènes liés à la propagation d'une onde sonore	9
I.6.2.1. Les interférences	10
I.6.2.2. La diffraction	10
I.6.2.3. L'absorption	10
I.6.2.4. La réfraction	10
I.7. Le diagramme de Fletcher	10
I.8. La sonie et le phone.	12
I.9. Effet de masque (Masquage)	13
I.9.1. Masquage simultané	13
I.9.2. Masquage de postériorité	13
I.9.3. Effet de précédence	13
I.10. Réception du son : l'oreille humaine	15
I.10.1. Description et fonctionnement de l'oreille humaine	15
I.10.1.1. Oreille externe	16
I.10.1.2. L'oreille moyenne	17
I.10.1.3. L'oreille interne	18

Chapitre II : Principe et rôle de l'audiométrie

II.1. Les déficiences du système auditif	22
II.1.1. La fatigue auditive	22
II.1.2. les surdités	23
II.1.2.1. Les surdités de transmissions	23
II.1.2.2. Les surdités de perception	23
II.1.3. Perte d'audition avec l'âge	24
II.2. Echelle des niveaux sonores	25
II.3. Perception humaine du son : limites et dangers	25
II.4. Définition de L'audiométrie	26
II.4.1. L'audiométrie tonale	28
II.4.1.1. Choix des signaux tests.....	28
II.4.2. L'audiométrie vocale	29
II.5. Spécification de l'enfant	30
II.6. L'audiogramme tonal	32
II.7. L'impédancemétrie	36
II.8. Les potentiels évoqués auditifs (PEA)	37
II.9. Structure d'un appareil auditif	37

Chapitre III : La transmission par Bluetooth

III.1. Description d'une transmission	41
III.2. Organisation des transmissions HF	42
III.2.1. Organisation fonctionnelle d'un émetteur-récepteur	42
III.2.2. Description des fonctions utilisées	43
III.2.2.1. A l'émission	43
III.2.2.2. Le canal de transmission	44
III.2.2.3. A la réception	44
III.3. Transmission par Bluetooth	45
III.4. Utilisation de système Bluetooth	45
III.5. Architecture du Bluetooth	47
III.5.1. La partie matérielle	48
III.5.1.1. La couche radio	49
III.5.1.3. La couche Contrôleur de liaison	50

III.5.1.4. La couche Gestionnaire de liaison	50
III.5.2. L'interface.....	50
III.5.3. La partie logicielle	50
III.5.3.1. Le protocole d'adaptation et de contrôle de lien logique (L2CAP)	50
III.5.3.2. Protocol RFCOMM	51
III.5.3.3. Service Discovery Protocol (protocole de découverte de service) : SDP..	51
III.5.3.4. Telephony Control Protocol Specification: TCS	51
III.5.3.5. Protocol OBEX	51
III.5.3.6. Les profils	51
III.6. Présentation d'un réseau Bluetooth.....	52
III.6.1.Principe de communication	53
III.6.1.1. La technique du saut de fréquence	53
III.6.2.Création d'une connexion entre Bluetooth	54
III.7. Le format du paquet de données	56
III.8. La portée d'une liaison Bluetooth	56
III.9. Avantages et inconvénients de l'utilisation de Bluetooth	58
III.9.1.Les avantages	58
III.9.2.Les inconvénients	58

Chapitre IV : Applications à l'audiométrie

IV.1. Principe de la mesure	60
IV.2. Génération des signaux test	60
IV.2.1. Signaux de fréquence variable	60
IV.2.2. Signaux de fréquences fixes.....	62
IV.3. Conversion des signaux test en signaux audibles (son)	64
IV.4.Transmissions des signaux de fréquence et d'amplitude fixes via Bluetooth	65
IV.5. L'interface graphique	66

Conclusion générale :	70
------------------------------------	-----------



*Introduction
générale*

Introduction générale

La télémédecine est définie comme étant la partie de la médecine qui utilise la transmission par télécommunication d'informations médicales (images, comptes-rendus, enregistrements,etc.), en vue d'obtenir à distance un diagnostic, un avis spécialisé, une surveillance continue d'un malade, voir décision thérapeutique. Les technologies du numérique appliquées à la santé offrent des possibilités nouvelles d'accès aux soins. Cette transmission des données médicales peut utiliser une grande variété de technologies des télécommunications, comme les lignes téléphoniques fixes et mobiles, l'internet et le Bluetooth.

Cette technologie est utilisée pour améliorer la qualité de vie de la population particulièrement, les personnes âgées, celles qui ont des handicaps, et tout individu qui a besoin de visites médicales périodiques. Une technologie bien appliquée améliore l'efficacité, réduit les coûts, et la durée des interventions.

Le but de notre projet est l'étude d'un audiomètre numérique par la transmission d'un signal sonore à distance via un réseau sans fil à base de Bluetooth.

Les premières mesures effectuées sur l'oreille ont eu lieu en 1933 par Fletcher et Munson.

Dans leur étude, on faisait entendre aux sujets des sons purs (sinusoïdaux) à différentes fréquences et par incréments de 10 dB, on faisait entendre aussi aux sujets un son de référence à 1000 Hz. On ajustait le volume de ce dernier son jusqu'à ce qu'il soit perçu au même niveau sonore que celui en test. Comme la sensation de volume sonore est très subjective et difficile à mesurer, Fletcher et Munson utilisèrent la moyenne des mesures sur beaucoup de sujets pour obtenir de moyennes raisonnables.

Ce travail a été normalisé en 1961, pour des sons purs.

Notre travail est structuré de la façon suivante :

Dans le premier chapitre, nous avons essayé de donner quelques notions sur le son en indiquant ses caractéristiques physiques puis son principe de propagation sous forme d'une onde sonore, auquel sont liés des phénomènes physique caractérisant cette propagation. Nous avons étudié ensuite le principe de sa perception par le système auditif (l'oreille humaine) en décrivant son trajet dans chaque partie de ce système.

Dans le deuxième chapitre nous avons abordé les différents types de déficiences du système auditifs et leurs causes en indiquant les limites de notre perception sonore. Nous avons expliqué ensuite le principe et le rôle de l'audiométrie, en présent les différents types

d'audiométrie, puis nous avons expliqué certains tests utilisés dans ce cadre tel que l'impédancemétrie et le PEA.

Le troisième chapitre donne un aperçu sur la technologie sans fil Bluetooth qui est utilisée dans les tests d'audiométrie effectués dans notre application. On commence par la présentation de cette technologie et son domaine d'applications, on passe ensuite à la présentation de la pile Bluetooth, et le réseau Bluetooth, et nous expliquons la création d'une connexion dans ce réseau et on finira par les avantages et inconvénients de cette technologie.

Le dernier chapitre était consacré pour nos applications effectuées sur le signal sonore en utilisant le Bluetooth comme support de transmission et en présence d'un outil très performant qui est l'interface graphique du logiciel MATLAB.

En fin nous avons fini notre travail par une conclusion générale et une annexe dont ils sont éclairés certains points relatifs à notre travail.



Chapitre I
Généralités sur le son

Introduction :

Le son correspond à ce que l'oreille perçoit de la vibration d'un corps et se propage sous la forme d'une onde dans l'air jusqu'à notre oreille. La notion de son n'est pas rattachée uniquement aux phénomènes aériens responsables de notre sensation auditive, mais aussi à tous les autres phénomènes qui sont gouvernés par les mêmes lois physiques.

Dans ce chapitre, nous allons donner quelques définitions et notions de base sur l'acoustique et le son puis nous décrivons les principes qui régissent la propagation du son depuis sa production jusqu'à sa perception par notre oreille.

I.1. L'acoustique :

C'est la partie des sciences physiques qui s'intéresse aux sons, depuis leur émission ou production (source) et leur transmission dans le milieu, jusqu'à leur réception et leur perception (oreille). On distingue deux aspects de l'acoustique : **L'aspect objectif** qui concerne l'étude des grandeurs physiques liées aux vibrations acoustiques et **L'aspect perceptif** qui concerne l'étude des sensations auditives perceptives provoquées par les sons (leur interprétation par le système sensoriel).

I.2. Définition du son :

Du point de vue physique un son peut être défini comme toute variation de pression qui peut être détectée par l'oreille humaine. Ces variations de pression se propagent de proche en proche dans le milieu ambiant (l'air par exemple).

La variation de pression est appelée pression acoustique et exprimée en pascal ($1\text{pa} = 1 \text{ N/m}^2$). Le nombre de variations de pression par seconde est appelé fréquence et est exprimée en Hertz (Hz).

I.2.1. Différents types de son : On distingue deux types de sons selon leur nature :

I.2.1.1. Son pur :

Un son pur (ou son simple) correspond à une onde sinusoïdale dont la fréquence et l'amplitude maximale sont constantes au cours de temps. Le son du diapason est un bon exemple de son pur.

I.2.1.2. Son complexe :

La plupart des sons que nous percevons dans notre environnement ne sont pas pur mais complexes. Ils sont composés de plusieurs sons purs de fréquences et d'amplitudes différentes.

Graphiquement, un son complexe est représenté par une courbe périodique, non sinusoïdale et de forme compliquée. Elle est la résultante de la superposition de plusieurs vibrations : La vibration fondamentale, de fréquence f_1 sur laquelle se superposent des vibrations harmoniques dont les fréquences sont des multiples de la première, (figure(I.1)).

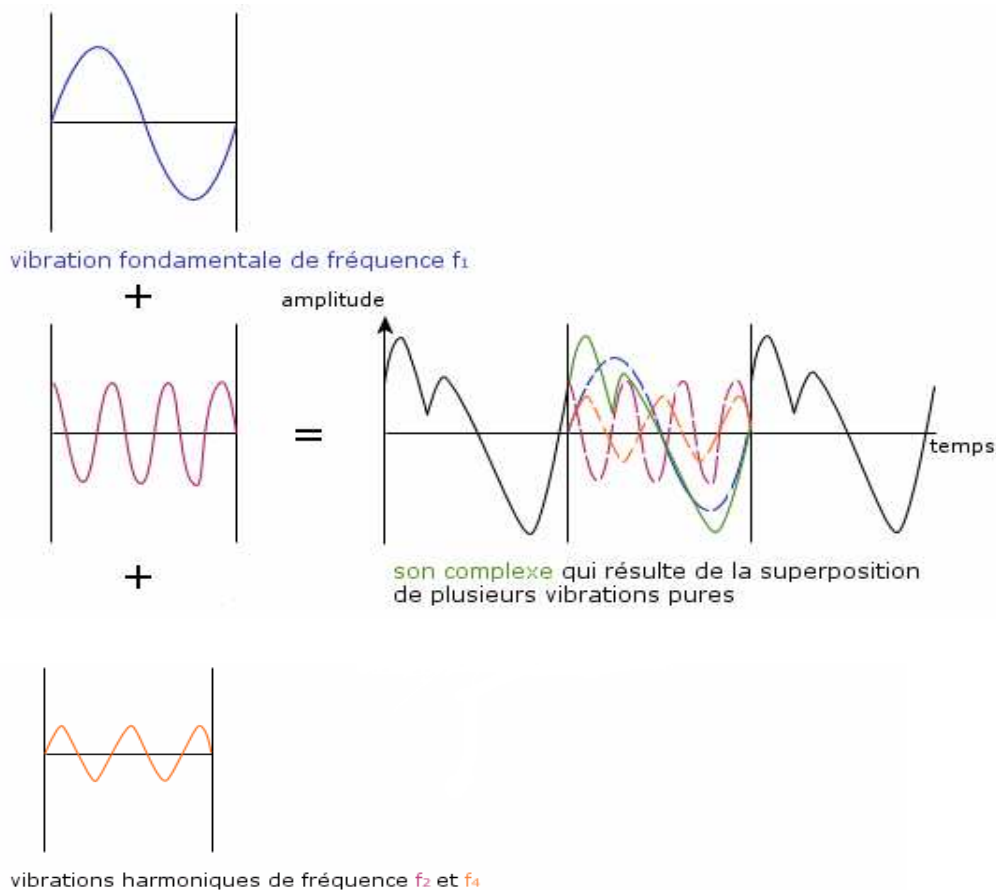


Figure I.1 : Son complexe qui résulte de la superposition de plusieurs vibrations pures.

Dans cet exemple le son complexe résulte de la superposition d'harmoniques de fréquences f_1 , $f_2=2f_1$ et $f_4=4f_1$.

Les analyseurs d'harmoniques permettent de décomposer ce type de son. Le résultat graphique d'une telle analyse est appelé spectre des fréquences ou **spectrogramme**, comme le montre la figure (I.2) :

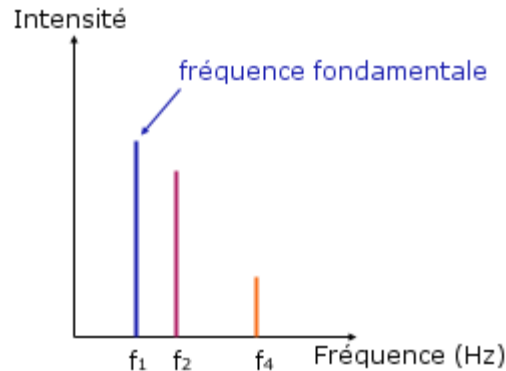


Figure I.2 : Spectre des fréquences du son à harmonies multiples.

Chaque harmonique est représentée par un segment de droite dont l'abscisse donne la fréquence, la hauteur étant proportionnelle à l'intensité du son.

I.3. Caractéristiques physiques du signal sonore :

Dans l'air le son se propage par rayonnement jusqu'à notre oreille, organe complexe, dont la fonction essentielle est de capter les ondes sonores puis de les transmettre au cerveau pour les analyser. Notre perception sonore peut se définir à l'aide de quatre paramètres :

- La hauteur (si le son est grave ou aigu)
- L'intensité (si le son est fort ou faible)
- Le timbre (s'il s'agit d'un son instrumental, violon, piano, ou d'un autre son)
- La durée (si le son est bref ou long).

I.3.1. La hauteur :

On définit la hauteur d'un son en analysant ses vibrations. C'est la fréquence du son, Plus une fréquence est élevée plus la sensation augmente. Les voix d'homme les plus graves peuvent descendre jusqu'à une fréquence de 65Hz, les voix les plus aiguës vont jusqu'à 523Hz. Les voix de femme les plus graves peuvent atteindre une fréquence de 150Hz, les voix les plus aiguës vont jusqu'à 1046Hz.

En ce qui concerne les instruments, la hauteur des sons dépend principalement de la longueur de la corde qui le produit. Plus la corde est longue plus le son produit est grave et plus la corde est courte plus le son produit est aigu.

Mais la hauteur dépend aussi d'autres facteurs comme la tension de la corde. La voix humaine (la parole) n'utilise que deux cordes vocales, et c'est en jouant sur leur tension qu'on peut produire des sons de différentes hauteurs.

I.3.2. L'intensité (ou amplitude) :

On mesure l'intensité du son en analysant l'amplitude de ses vibrations. Plus l'amplitude est grande plus le son est intense.

Les physiciens mesurent l'intensité en **décibel**, unité de mesure très précise mais que notre oreille ne peut pas apprécier. En effet notre évaluation de la force d'un son se fait toujours en comparaison avec un autre son.

L'amplitude caractérise la variation de pression maximale atteinte par rapport à la pression de référence. Elle se calcule comme le rapport entre le niveau de pression acoustique mesuré (ρ) et le niveau de pression acoustique de référence (ρ_0) :

$$A = \rho / \rho_0.$$

Le niveau de pression de référence correspond approximativement au seuil de perception de l'oreille humaine, il est égal à une pression acoustique de 20 μ Pa.

Le seuil de douleur, par contre se situe à environ 20 Pa.

I.3.3. Le timbre :

Le timbre d'un instrument est ce qui permet de le distinguer d'un autre. Il s'agit d'un phénomène complexe qui fait appel à plusieurs notions : Tout d'abord « Les harmoniques », ou composants intrinsèques du son, et ensuite son « enveloppe », ou la manière dont il se forme, évolue, puis s'éteint.

Les harmoniques sont liés les uns aux autres par un phénomène de résonance. C'est le plus au moins grand nombre d'harmoniques, et leurs intensités respectives, qui constituent le timbre.

Le timbre est un matériau pour l'interprète, il peut jouer sur les harmoniques mais aussi sur l'enveloppe.

- Exemple 1 : Le pianiste peut jouer une note en frappant la touche et en la laissant remonter ou bien la laisser enfoncée pour la lier à la note suivante.
- Exemple 2 : Le synthétiseur permet à l'interprète de modifier directement le timbre produit, en agissant sur les harmoniques ou également sur l'enveloppe.

I.3.4. La durée :

Elle est calculée en minute ou seconde,...etc. et elle désigne l'intervalle de temps que dure le son c'est-à-dire s'il est long ou bref.

➤ **Remarque :**

La perception des quatre paramètres du son : hauteur, intensité, timbre, durée varient suivant les individus.

I.4. Le décibel et l'oreille humaine :

L'oreille humaine est capable de supporter des variations de pression allant de $20\mu\text{Pa}$ à 20Pa . Pour faciliter la manipulation des valeurs caractérisant l'amplitude d'un bruit, cette large plage de pression ($20\mu\text{Pa}$ et 20Pa) a été transposée en utilisant une fonction logarithmique qui a pour effet de « **dilater** » les valeurs les plus faibles et de « **comprimer** » les valeurs les plus élevées. Les résultats de cette fonction s'expriment en « **décibel** ».

L'échelle ainsi obtenue, s'échelonne entre 0dB seuil de perception ($20\mu\text{Pa}$), et 120dB seuil de douleur (20Pa).

I.5. La mesure du son :

La mesure physique la plus simple consiste à déterminer, à l'aide d'un sonomètre, le niveau de pression acoustique.

La pression acoustique est ainsi transformée en signal électrique traduisant en amplitude et en fréquence, le phénomène acoustique. Ce signal électrique peut être conditionné, échantillonné, et traité de manière à caractériser le son mesuré. On peut ainsi, par exemple, déterminer les valeurs acoustiques exprimées en dB, effectuer des analyses fréquentielles, des analyses statistiques, intégrer le signal sur une durée déterminée,...etc.

I.6. Propagation de l'onde sonore :

Après de brefs rappels et définitions sur la notion de son, nous allons voir comment se propage ces ondes sonores dans l'air. L'étude de la propagation des sons fait intervenir des lois physiques, des modes de transfert de l'énergie mécanique...etc.

Le son est une conséquence d'un mouvement matériel d'oscillation, une corde qui vibre ou la membrane d'un haut-parleur par exemple. Cette vibration provoque un mouvement des atomes qui va se déplacer de proche en proche sous forme d'onde de pression. Dans ce mouvement, les atomes vibrent parallèlement à la direction de propagation de l'onde. C'est donc une « onde progressive longitudinale ». Parmi les ondes de nature mécaniques, seules les longitudinales peuvent se propager relativement loin dans un milieu gazeux. Dans un milieu solide l'onde sonore peut être transversale c'est-à-dire que les atomes peuvent vibrer perpendiculairement à la direction de propagation de l'onde. Ceci est dû aux forces de cisaillement mais nous n'aborderons pas cet aspect.

Dans le vide le son ne peut pas se propager à cause de l'absence d'atomes autour de la source de vibration, aucune onde mécanique ne peut donc se créer et aucun son ne peut être écouté.

I.6.1. La vitesse de propagation d'une onde sonore :

Une onde sonore est caractérisée par un mouvement d'ensemble des particules constituant le milieu de propagation. Ces particules vibrent et entrent en collision les unes avec les autres tout en gardant leur position moyenne constante. Il apparaît dès lors naturel que la propagation de l'onde va fortement dépendre des propriétés mécaniques du matériau traversé. En simplifiant, nous pouvons dire que la vitesse à laquelle une onde sonore se déplace dans un matériau, appelée célérité C , est déterminée par la grandeur des forces qui lient les molécules entre elles.

Sans entrer dans trop de détails, nous pouvons admettre que la célérité dépend d'un facteur de compressibilité k (mesure de la résistance à la compression) et de sa masse volumique ρ .

$$\text{Donc : } C = \sqrt{k/\rho} \quad [m/s]$$

Ces grandeurs varient en fonction de la température, la pression,...etc. et sont fortement interdépendantes les unes des autres.

Le tableau ci-dessous indique les grandeurs de masse volumique et de célérité sonore pour quelques matériaux :

Matériau	Masse volumique ρ [Kg/m^2]	Célérité c [m/s]
Air 0°	1.293	331
Air 20°	1.20	344
Alcool (Ethylique)	790	1207
Eau (pure)	998	1498
Aluminium	2700	5000
Fer	7900	5120

Figure I.3: Relation entre masse volumique et célérité sonore.

I.6.2. Phénomènes liés à la propagation d'une onde sonore :

La propagation d'une onde sonore est fortement dépendante de la nature du milieu dans lequel elle se propage. Lorsque elle change de milieu ou qu'elle rencontre des obstacles la propagation de l'onde sonore est déviée.

I.6.2.1. Les interférences :

Lorsque deux ondes de même nature se rencontrent dans un même milieu, elles se superposent c'est-à-dire que leurs elongations (Distance entre un point de vibration

sur l'onde et sa position d'équilibre qui est la source) vont s'additionner. C'est le principe de la superposition.

I.6.2.2. La diffraction :

La diffraction est la capacité d'une onde à contourner un obstacle ou à passer dans une fente. C'est grâce à ce phénomène que nous pouvons entendre un son émis derrière un obstacle, la voix d'une personne placée derrière une autre par exemple. Pour que le son puisse contourner cet obstacle il faut que la largeur de l'obstacle soit inférieure à la longueur d'onde du son.

La diffraction se fera d'autant mieux que le rapport de $\frac{\lambda}{d}$ est grand, où d représente la longueur de l'obstacle, et λ représente la longueur d'onde du son.

I.6.2.3. L'absorption :

Pour insonoriser une pièce, il est préférable d'en recouvrir les murs de matières déformables ou molles : L'onde sonore étant une onde de pression, lorsqu'elle rencontre un obstacle mou elle va être amortie et l'amplitude de l'onde réfléchie sera considérablement plus petite que celle de l'onde incidente. Pour illustrer le phénomène, on peut assimiler un atome à une balle qui tomberait une fois sur un sol dur et une autre sur une surface molle telle un oreiller ou un étang. On constate bien que la balle rebondira bien plus sur un sol dur.

I.6.2.4. La réfraction :

Lorsqu'une onde se heurte à un obstacle qu'elle ne peut contourner, c'est-à-dire plus large que sa longueur d'onde, celle-ci sera réfléchie. Le principe est le même que pour un faisceau lumineux dans un miroir, c'est ce phénomène qui crée l'écho.

I.7. Le diagramme de Fletcher :

A l'aide d'un générateur de son sinusoïdaux Fletcher a démontré que notre oreille ne percevait pas de la même manière toutes les fréquences sonores. Par exemple, un son de 1000Hz, est perceptible à partir de 0dB, alors qu'un son de fréquence de 3000Hz est perceptible dès -8dB qui correspond à $(1.58 \cdot 10^{-13} \text{ w/m}^2)$.

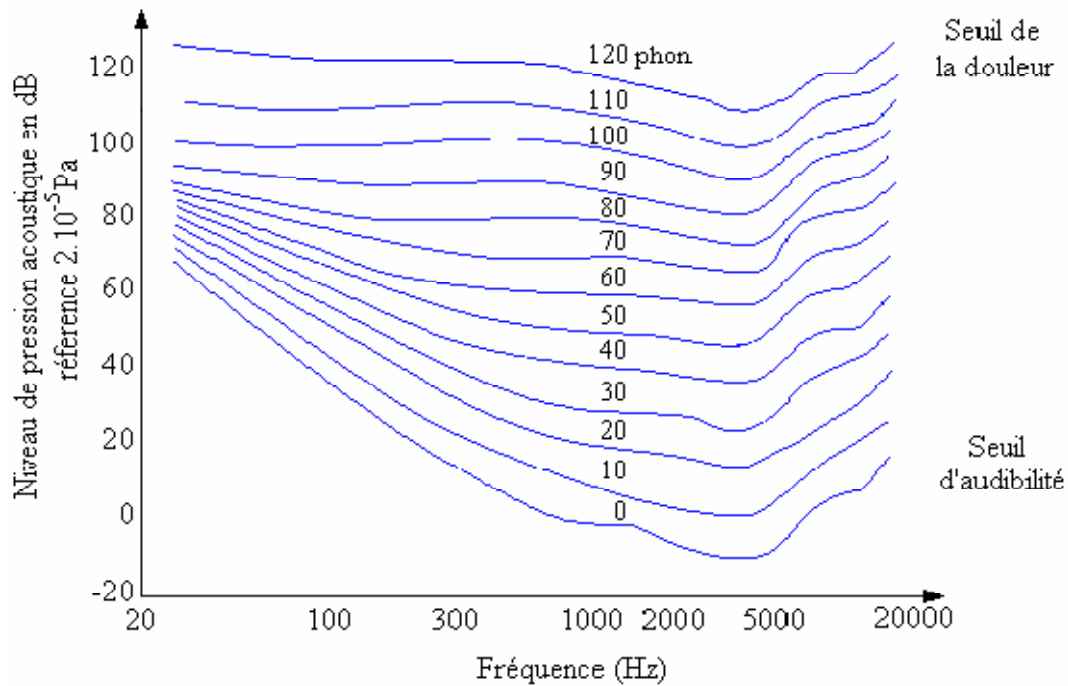


Figure I.4 : Le diagramme de Fletcher.

On déduit alors un diagramme mettant en relation la fréquence et la puissance sonore (figure I.4). Nous constatons qu'en dessous d'une certaine puissance, variable en fonction de la fréquence, il nous est impossible d'entendre les sons, (seuil d'audibilité). Au delà d'une certaine puissance les sons deviennent insupportables (seuil de douleur). Il apparait aussi que c'est pour les fréquences situées autour de 5000Hz que notre oreille est la plus sensible. Les lignes intermédiaire sont appelées lignes isosoniques et relient les points du diagramme pour lequel la sensation de volume est égale. Ces valeurs dépendent de l'individu, de son âge, de son sexe, de son état de santé et de beaucoup d'autres facteurs. Le schéma précédent est fait à base de statistiques et est donc celui d'une oreille moyenne.

On notera que la sonie croit de façon pratiquement logarithmique à toutes les fréquences ce qui implique que l'échelle des décibels est bien adaptée à la sensation de niveau.

On remarque aussi sur le diagramme que les courbes supérieures sont beaucoup moins incurvées que les courbes inférieures cela signifie que la réponse en

fréquence de l'oreille est très différente entre une écoute à fort niveau et une écoute à faible niveau.

C'est pour cette raison que les constructeurs de chaînes haute-fidélité ont prévu un filtre appelé « correcteur physiologique ou contour d'intensité » (« loudness » en anglais). Lors d'une écoute à faible niveau, ce filtre permet d'amplifier les composantes graves et aiguës du spectre pour compenser le creux des courbes isosoniques.

I.8. La sonie et le phone :

La sonie est une grandeur reliée à la perception des intensités sonores. La réponse de l'appareil auditif fait que la sonie d'un son pure dépend non seulement de l'intensité sonore (en dB) mais aussi de sa fréquence.

L'oreille humaine ne présente en effet pas la même sensibilité lorsqu'on change la fréquence d'un son d'intensité fixée : Cette sensibilité diminue progressivement lorsque la fréquence se rapproche des limites de l'audition humaine (de l'ordre de 20Hz et 20KHz).

La sensibilité ne reste relativement constante qu'entre 1KHz et 5KHz.

L'unité de la sonie est le phone (sans dimension) ou bien le sone (utilisés pour la mesure de la perception de l'intensité).

Par convention, on a :

1 sone = intensité perçue d'un son de 40dB à 1000Hz.

L'intensité perçue double à chaque fois qu'on augmente de 10dB, pour des valeurs au-delà de 30dB, ce qui donne pour des sons purs à 1000Hz :

$$1 \text{ sone} = 40\text{dB} = 40 \text{ phones}$$

$$2 \text{ sones} = 50\text{dB} = 50 \text{ phones}$$

$$4 \text{ sones} = 60\text{dB} = 60 \text{ phones}$$

$$8 \text{ sones} = 70\text{dB} = 70 \text{ phones}$$

$$16 \text{ sones} = 80\text{dB} = 80 \text{ phones}$$

En deçà de 30dB, le nombre de dB nécessaires pour obtenir une intensité perçue doublée diminue, jusqu'à 2dB à 10phones.

Sur le plan mathématique, la relation entre le sone(S) et le phone(p) est donnée par :

$$S = 2^{(p-40)/10} \quad \text{Ou} \quad P = 40 + 10 \left(\frac{\log S}{\log 2} \right)$$

I.9. Effet de masque (Masquage) :

On parle de masquage quand un son est rendu inaudible par un autre.

Le masquage est le procédé par lequel le seuil d'audition d'un son est augmenté par la présence d'un autre son.

Le masquage peut se produire vers les hautes fréquences ou vers les basses fréquences ; en outre on parlera de masquage vers les hautes fréquences lorsque des sons de basses fréquences masquent des sons de haute fréquence, et un masquage vers les basses fréquences lorsque des sons de hautes fréquences peuvent également masquer des sons de basse fréquence.

Il existe plusieurs sortes d'effet de masque, le plus connu celui de masquage simultané, il existe également un masquage appelé « effet de précedence » (ou effet de Haas), et un masquage de postériorité.

I.9.1. Masquage simultané :

Lorsque nous écoutons simultanément un son fort et un son faible, nous risquons de ne pas percevoir ce dernier, le son faible est masqué ou assourdi par le son fort.

L'effet masquant du son fort sera plus important si les deux sons se situent dans une même gamme de fréquences. Ce phénomène s'observe également lorsque le son faible n'appartient pas à la même gamme de fréquence que le son fort.

Le phénomène de masquage des sons faibles est plus prononcé en cas de déficience auditif.

I.9.2. Masquage de postériorité :

Le son masquant est perçu quelques millisecondes après le son masqué.

I.9.3. Effet de précedence :

Le son masquant précède le son masqué.

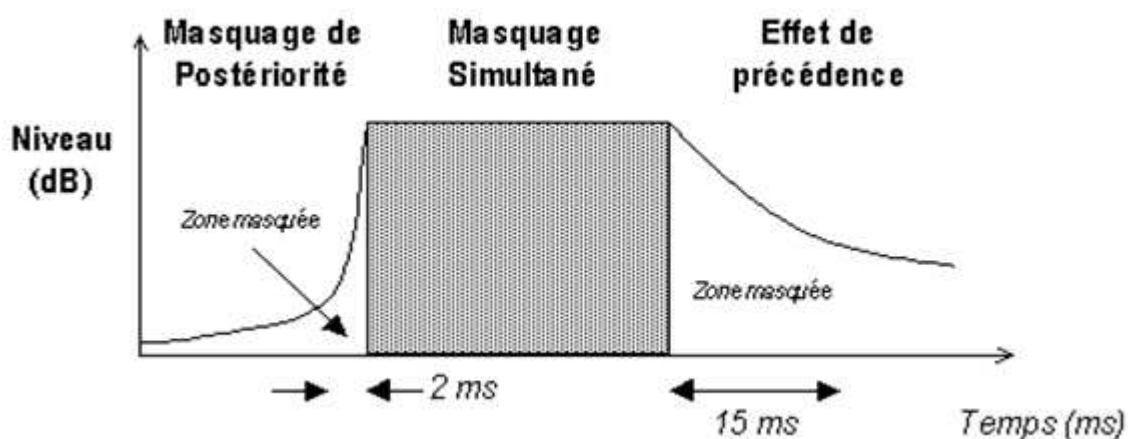


Figure I.5. Schéma du phénomène de masquage temporel

Le masquage de postériorité et l'effet de précedence sont des masquages temporels. Sur cette figure (I.5) on peut constater que l'effet de précedence est beaucoup plus « tolérant » que le masquage de postériorité. Un son théoriquement masqué étant émis plus de 2 ou 3ms avant le son soit disant masquant, devient un pré-écho audible et gênant tandis que dans le cas du masquage par précedence, une fois le son masquant émie, le son masqué le reste tant qu'il survient dans les 20ms (environ) qui suivent l'émission du masquant. Ces valeurs ne sont cependant valables que pour des impulsions très brèves, du type transitoires pour des durées supérieures, le phénomène n'est plus le même.

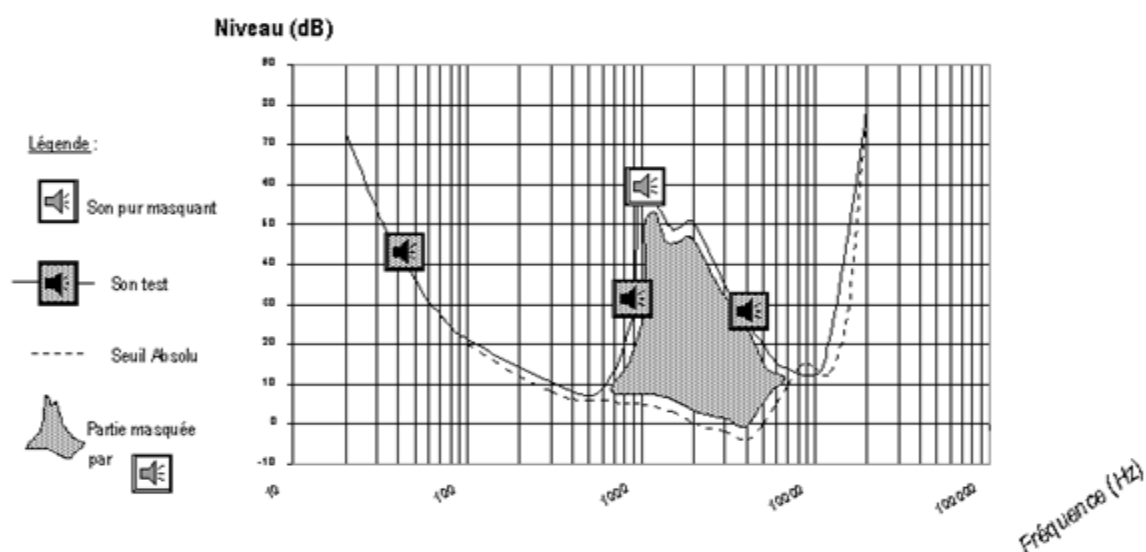


Figure I.6. Seuil d'audition d'un son test pur en présence d'un son autre son pur masquant (60 dB à 1000 Hz)

La figure (I.6) met en évidence les phénomènes psycho acoustiques dans le cas du masquage simultané.

Un sujet est soumis à un son pur (1) (dans ce cas 1KHz à 60db) et doit se manifester lorsqu'il perçoit un autre son pur (2) de fréquence différente ou voisine.

On constate que le seuil d'audition absolu est alors « relevé ». En effet, au voisinage de 1KHz, il faut augmenter de façon considérable le niveau (2) pour que le sujet l'entende. Il est important de noter que le phénomène est d'autant plus perceptible lorsqu'on dépasse la fréquence du son masquant, à savoir 1KHz.

Ceci souligne en fait le comportement de notre oreille interne, notamment la membrane basilaire, à l'intérieure de laquelle les sons graves ont tendance à masquer les sons aigus, ce qui explique la dissymétrie du parcours de (2) autour de (1).

Grace à ce test, nous avons pu constater qu'il y'a une grande partie du spectre qui n'est pas perçue par l'oreille.

Après avoir illustré la propagation de l'onde sonore, on s'intéresse à sa réception par le système auditif qui est l'oreille humaine, nous allons décrire les différentes parties responsables et leur fonctionnement.

I.10. Réception du son : l'oreille humaine :

L'oreille recouvre le rôle de transducteur dans la transformation de l'énergie acoustique, d'abord en énergie mécanique, puis en énergie électrique.

Une fois l'énergie convertie par l'oreille depuis sa forme mécanique à celle électrique, les impulsions électriques arrivent au cerveau à travers les terminaisons nerveuses.

C'est la qu'elles sont élaborées, permettant ainsi la perception du son donc l'écoute des différents sons.

L'appareil auditif est divisé conventionnellement en trois sections :

L'oreille externe, l'oreille moyenne, l'oreille interne.

I.10.1. Description et fonctionnement de l'oreille humaine :

La figure ci-dessous représente les différentes parties constituant le système auditif humain.

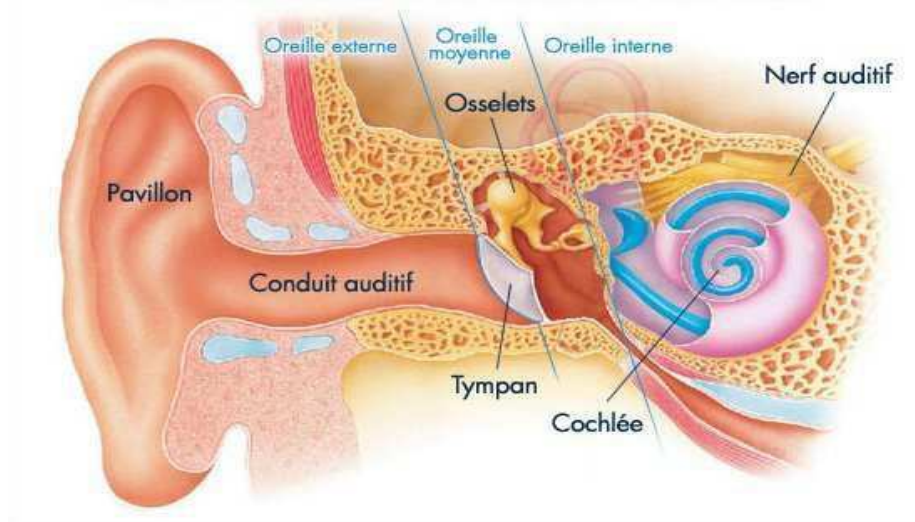


Figure I.7 : Système auditif : L'oreille humaine.

L'analyse du fonctionnement de ces trois sections nous permet de comprendre le mécanisme de perception du son pour être en mesure d'identifier quels paramètres peuvent être modifiés sur le son que nous traitons afin d'obtenir différents effets sur l'audition.

I.10.1.1. Oreille externe :

Le pavillon auriculaire est le premier organe que le son rencontre. Ce dernier offre une vaste superficie au front sonore et permet de recueillir une ample portion de l'onde.

Le son est projeté à partir du pavillon et concentré vers le conduit auditif qui mesure à peu près 3cm.

Pour définir la fréquence de la résonance du conduit auditif, on l'assimile à un tube plein d'air de longueur d . Sa fréquence de résonance sera extraite des formules suivantes :

$$\lambda = 12\text{cm} = 4d$$

A partir de la longueur d'onde on calculera la fréquence de résonance :

$$\frac{\lambda}{T} \rightarrow \gamma = \lambda f \rightarrow f = \frac{\gamma}{\lambda} = \frac{344\text{m/s}}{0.12\text{m}} \cong 3\text{KHz}$$

On montre donc que la fréquence de résonance de l'oreille humaine est de 3KHz en moyenne. Ceci signifie que lorsqu'un groupe de fréquences d'une valeur

approximative de 3KHz arrive à l'oreille, le conduit auditif résonne, et par conséquent ces fréquences subissent une amplification naturelle.

I.10.1.2. L'oreille moyenne :

Le conduit auditif se termine sur une membrane, le tympan qui vibre en accord avec le son qui est parvenu à l'oreille. (La figure I.8)

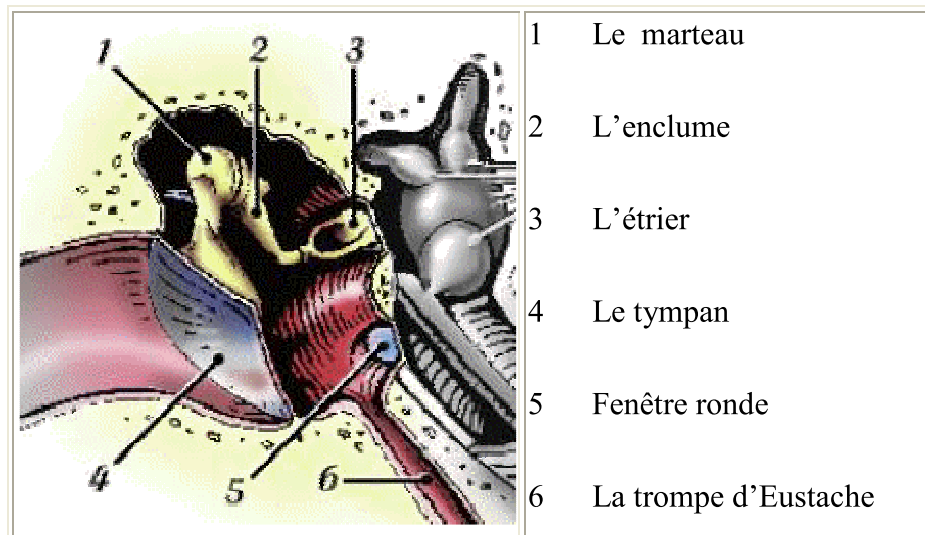


Figure I.8 : L'oreille moyenne

De l'autre côté du tympan, se trouve trois osselets : Le marteau, l'enclume, et l'étrier. Ils ont pour fonction d'amplifier la vibration du tympan pour la retransmettre à la cochlée.

Cette amplification devient nécessaire vu que le tympan est une membrane très légère et suspendue dans l'air, contrairement à la cochlée remplie d'un fluide dense et donc beaucoup plus difficile à faire vibrer.

Les trois osselets sont maintenus ensemble par une série de petits ligaments qui ont, ensuite, la fonction d'empêcher qu'une vibration très ample se produise, avec pour risque de subir des dégâts si l'oreille venait à être soumise à une pression sonore trop élevée.

Une ouverture à l'intérieur de l'oreille moyenne mène à la trompe d'Eustache, canal conduisant à la cavité orale.

Sa fonction sert à donner un accès vers l'extérieur afin d'équilibrer la pression atmosphérique sur les deux cotés du tympan (ce qui explique pourquoi, dans l'eau, il est possible de

compenser la pression externe, qui augmente avec la profondeur, en augmentant la pression interne, en bouchant le nez et en y soufflant).

I.10.1.3. L'oreille interne :

Cette section de l'oreille effectue la conversion de l'énergie mécanique en impulsions électrique à envoyer au cerveau pour l'élaboration du son.

Le dernier des trois osselets, dont l'étrier évoqué plus haut, est en contact avec la cochlée à travers une membrane appelée fenêtre ovale.

La cochlée est un os en forme de limaçon contenant un fluide (elle comporte trois petits canaux circulaires orientés selon les trois directions de l'espace, qui sont utilisés par le cerveau pour la perception de l'équilibre.

Le fluide reçoit la vibration de l'étrier à travers la fenêtre ovale et la transporte à l'intérieur où se trouve le vrai organe qui sert à la conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique : l'organe de corti. En son sein se trouve la membrane basilaire qui contient une multitude de cils (environ 4000), qui vibrent en accord avec la vibration du fluide. Chaque groupe de cils est relié à une terminaison nerveuse en mesure de convertir la vibration reçue du fluide en impulsions électriques à envoyer au cerveau pour être élaborées et perçues comme sons.

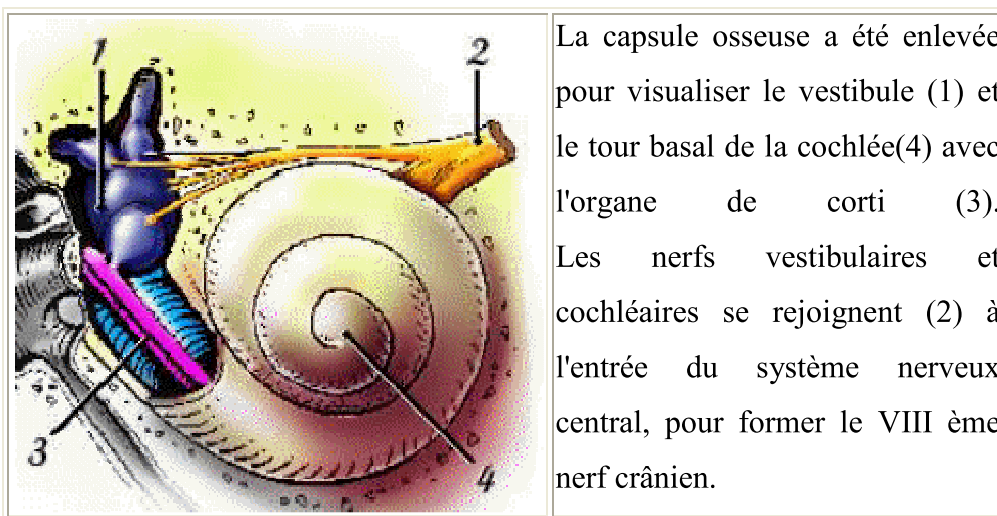


Figure I.9 : L'oreille interne.

La base de la cochlée reçoit les fréquences basses (20Hz) alors que l'apex (centre de la cochlée) est affecté par les fréquences plus hautes (jusqu'à 20KHz).

L'information captée par les cellules ciliées de l'organe de corti (capteurs) est ensuite transmise au cerveau par l'intermédiaire du nerf auditif.

Chaque son reçu envoie donc au cerveau une impulsion nerveuse selon sa fréquence propre.

La figure(I.10), montre la répartition des fréquences le long de la membrane basilaire :

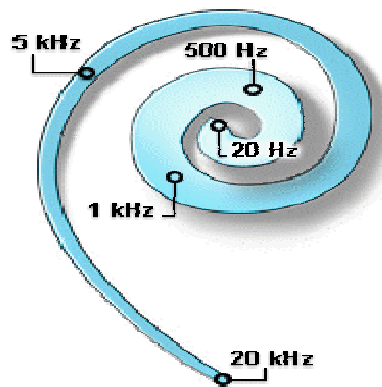


Figure I.10 : Distribution des fréquences le long de la membrane basilaire.

La figure (I.11), montre la forme d'onde propagée dans la cochlée.

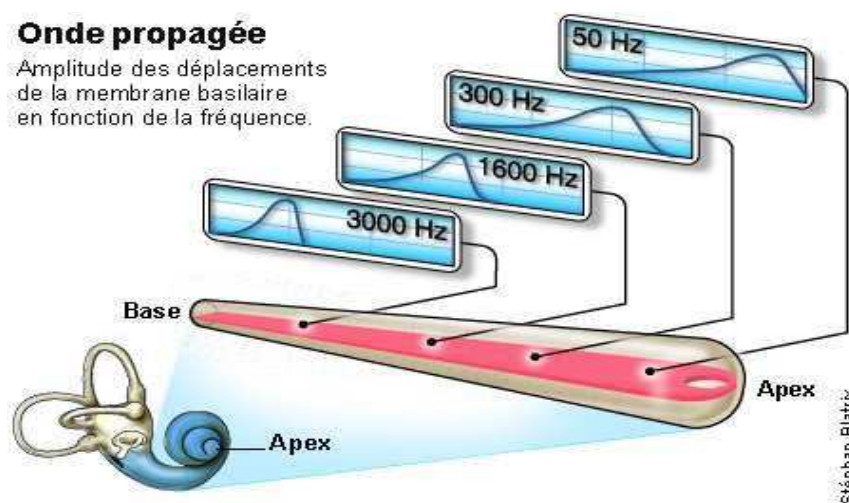


Figure I.11 : la forme d'onde propagée dans la cochlée

Nous récapitulons, dans le tableau ci-dessous les principales caractéristiques physiologiques de l'audition humaine, ce qui nous permet de faire le point sur le rôle physiologique de chaque partie de l'oreille :

Les parties de l'oreille Caractéristiques	Oreille externe	Oreille Moyenne	Oreille interne	Cerveau
Structure	-pavillon -conduit auditif	« Tympan » -osselets : Marteau, Enclume, Etrier. -trompe d'eustache.	« Fenêtre ovale » -canaux semi circulaires -Limaçon (cochlée) Organe de Corti Nerf auditif.	-Neurones -Aire de projection auditive.
Type de transduction	Mécanique (vibration aérienne)	Mécanique (vibration musculaire)	Mécanique /électrique (Vibration fluide) (impulsions nerveuses)	Electrochimique
Mode de transmission	Analogique	Analogique (non linéaire)	Analogique	Analogique et numérique
Fonction	-Protection naturelle -Adaptation d'impédance -Localisation spatiale	-Protection physique -Amplification et atténuation -Egalisation des pressions	-Transduction électrique -Analyse du signal -Transmission au cerveau (codage)	-Transformation neurale (décodage) -Mémoires - Commandes

Figure I.12 : Tableau récapitulatif des principales caractéristiques physiologiques de

Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons présenté quelques définitions sur le son et sa propagation, comme nous avons décrit, d'une manière générale, le trajet de l'information sonore depuis sa production jusqu'à sa perception par l'oreille (externe, moyenne, interne) en incluant son principe de fonctionnement a fin de les utiliser dans la suite de travail.



Chapitre II
Principe et rôle de
l'audiométrie

Introduction :

Le fonctionnement du système auditif qui vient d'être décrit est celui d'un individu pourvu d'une audition normale. Il existe, malheureusement, de nombreux cas où ce fonctionnement se trouve perturbé par diverses causes.

Dans ce chapitre nous allons voir quelles sont les limites de notre perception sonore, ainsi que les dangers auxquels elle est exposée, puis nous décrivons les principaux types de surdité et leur causes, et comment les traiter par le test d'audiométrie, nous expliquons le principe de l'audiométrie qui permet l'analyse du système auditif.

II.1. Les déficiences du système auditif :

De nombreux cas de déficiences auditives sont en fonction de l'état de gravité et de la cause qui les a engendrés. Les personnes peuvent avoir perdu l'ouïe graduellement ou soudainement et peuvent être incapables de comprendre la parole sans aides visuelles comme la lecture labiale. Le degré de déficience auditive peut être léger, modéré, grave ou profond et est déterminé par la perte de décibels (dB).

II.1.1. La fatigue auditive :

Chacun de nous a déjà eu l'occasion de constater qu'il devenait légèrement sourd aux sons environnants après avoir entendu un son intense. Cette baisse de la sensibilité auditive, appelée fatigue auditive, peut être très importante, et peut disparaître en un temps variant de quelques secondes à plusieurs heures.

Il est montré que la fatigue auditive a son siège dans l'oreille moyenne et l'oreille interne particulièrement, et non dans le nerf auditif ni dans le cerveau.

Résultant d'une longue exposition à un bruit de niveau élevé, elle se traduit par une élévation du seuil d'audibilité. La reprise d'une audition normale peut même nécessiter jusqu'à 24 heures.

Dans le cas du graphique suivant, (figure II.1) un panel représentatif était exposé à un bruit blanc pendant 10s d'une pression acoustique de 110 dB. Une minute après la suppression du bruit, l'ensemble du panel subit un premier audiogramme. Leurs moyennes ont donné la courbe notée "1mn".

Le premier audiogramme était réalisé après 15mn de repos, puis un troisième après une heure et ainsi de suite. Cela a donné les courbes suivantes.



Bruit: Repos - 1 mn - 15 mn - 1 heure - 1 jour

Phrase: Repos - 1 mn - 15 mn - 1 heure - 1 jour

Figure II.1 : Graphe représentant la fatigue auditive.

II.1.2. les surdités : On distingue plusieurs types de surdités :

II.1.2.1. Les surdités de transmissions :

Elles affectent l'oreille externe et l'oreille moyenne, avec, comme principales causes, une obturation du conduit auditif, une lésion du tympan (perforation) ou de la chaîne des osselets, ou bien un blocage de l'étrier dans la fenêtre ovale (otospongiose ou otosclérose). Leur traitement est relativement aisé mais certains cas délicats (éclatement du tympan, otospongiose...) nécessitent une intervention chirurgicale avec de bons résultats dans l'ensemble.

II.1.2.2. Les surdités de perception :

Elles résultent d'une lésion de l'oreille interne : vestibule, organe de Corti (fonctionnement défectueux des cellules ciliées et même absence de cellules), nerf auditif. Ce type de surdité est plus difficile à traiter. Des résultats très encourageants

sont obtenus par l'utilisation récente des prothèses cochléaires à microprocesseur, dans le cas de surdité ayant pour siège l'organe de Corti (surdités neurosensorielles), on classe aussi, dans la catégorie des surdités de perception, celles qui sont dues à l'âge, connues sous le nom de presbycusis. Inhérentes au vieillissement, elles se traduisent chez la plupart des êtres humains par une baisse de sensibilité auditive aux fréquences aiguës (voir graphe statistique des pertes d'audition dues à l'âge en fonction des fréquences).

Lorsque ces deux formes de surdités, de transmission et de perception, sont associées, on parle alors de surdité mixte.

II.1.3. Perte d'audition avec l'âge :

Avec l'âge notre faculté auditive a tendance à se dégrader. Nous perdons, peu à peu, en vieillissant, la capacité à entendre les sons, particulièrement les sons aigus.

D'après le graphe statistique des pertes d'audition dues à l'âge en fonction des fréquences (figure II.2), nous voyons une nette diminution de la capacité auditive des sons de plus de 1000 Hz.

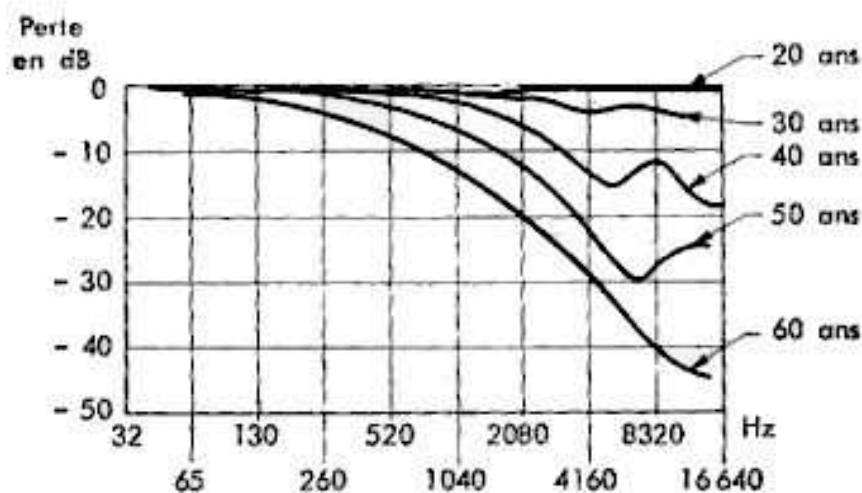


Figure II.2 : Graphe statistique des pertes d'audition dues à l'âge en fonction des fréquences.

Pour obtenir ce genre de statistique, on teste chez un grand nombre de personnes, regroupées par classes d'âge, leur capacité à entendre un son sinusoïdal d'une fréquence donnée. Pour ce faire, on place la personne dans une chambre

insonorisée avec un casque. On lui fait écouter successivement des sons sinusoïdaux de fréquences normalisées telle que : 125Hz, 250 Hz, 500 Hz ,1000 Hz,... 16000 Hz. On obtient donc l'audiogramme tonal de la personne (figure II.3).

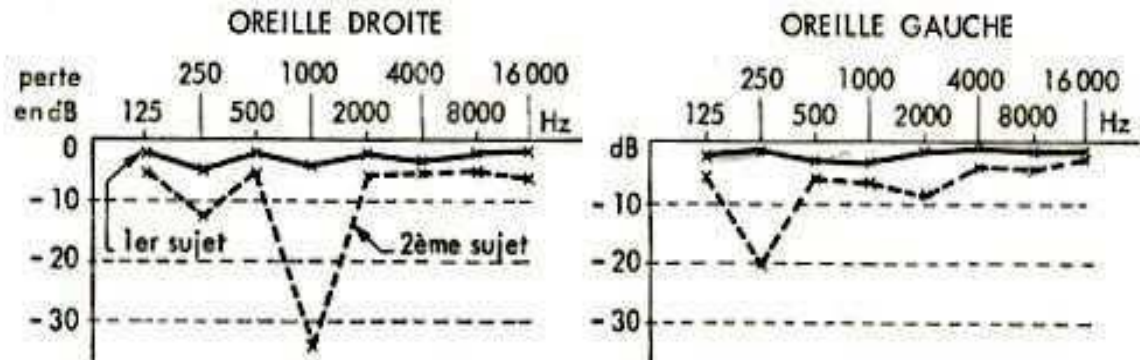


Figure II.3 : Audiogramme tonal.

D'après cet exemple, on peut déduire que :

- Le sujet 1 : est une personne dont l'audition plus au moins normale.
- Le sujet 2 : souffre d'insuffisance auditive.

II.2. Echelle des niveaux sonores :

Le tableau ci-dessous indique différents niveaux correspondant à des intensités de sources sonores auxquelles nous pouvons régulièrement être soumis :

Niveau	Impression ressentie	Effet	Exemple
140 dB	Très douloureuse	Lésion irréversible du système auditif	Bonc d'essais de réacteur
130 dB			Burin pneumatique
120 dB			Douloureuse
110 dB	Insupportable	Perte d'audition après une exposition brève	Atelier de presse
100 dB	Difficilement supportable		Atelier de tôlerie
90 dB	Très bruyant	Perte d'audition après une exposition longue	Poids lourd à trois mètres
80 dB	Bruyant		Réfectoire scolaire
60 dB	Bruit courant	–	Rue bruyante
50 dB	Faible	–	Bureau
40 dB	Faible	–	Radio à faible niveau
30 dB	Calme	–	Zone résidentielle calme
20 dB	Très calme	–	Très protégée
10 dB	Silence	L'observateur entend le bruit de son organisme	Ne peut être obtenu qu'en laboratoire
0 dB	Silence absolu		

Figure II.4 : Tableau explicatif des sensations et effets sur nos oreilles de bruit trop Important.

II.3. Perception humaine du son : limites et dangers :

Un sujet normal perçoit un son sinusoïdal de 125 Hz à partir de 35 dB, alors qu'un sujet déficient ne l'entend qu'à partir de 40 dB par exemple. Sa perte

d'audition, pour les sons de 125 Hz, est donc de 5dB. On voit bien que, comme pour la vision, l'audition admet des limites.

L'oreille humaine ne perçoit pas tous les sons. Elle perçoit des fréquences comprises entre 20Hz (fréquence la plus grave) et 20KHz (fréquence perçue la plus aigue).

Nous qualifions d'infrason toutes fréquences inférieure à 20Hz et d'ultrason tout ce qui est au-delà de 20KHz .L'homme ne peut pas percevoir les sons qui dépassent ces limites. La figure(II.5) suivante nous montre le domaine de l'audible pour l'homme :

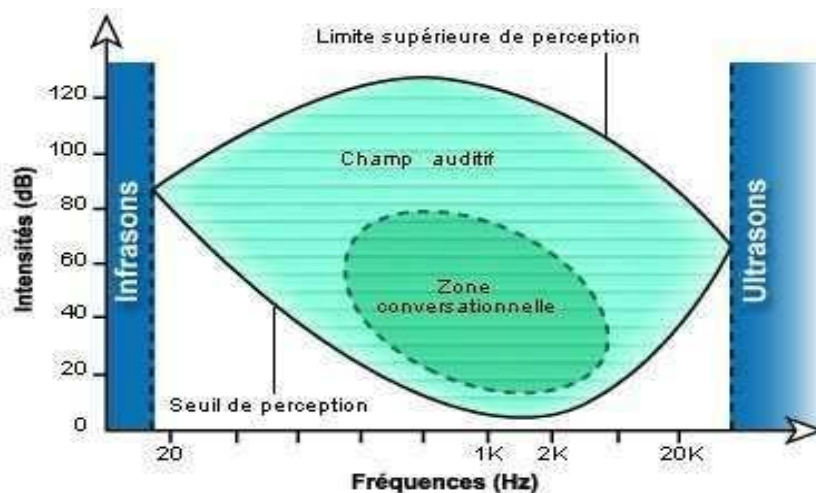


Figure II.5 :Représentation du domaine de l'audible pour l'homme.

La courbe inférieure représente la courbes des seuils de perception de l'oreille humaine en parfait état. Pour chaque fréquence, le seuil de perception est différent : les fréquences les mieux percues (la courbe avoisine le 0dB) se situent dans la gamme comprise entre 1KHz et 3 KHz. C'est aussi dans cette gamme que la dynamique de sensation est la plus grande (de 0dB à30dB).

La courbe supérieure représente la limite des intensités perceptibles : Au-delà, il y'a douleur ou destructions cellulaire dans l'oreille.

La zone conversationnelle définit les sons utilisés pour la communication par la voie humaine : Ce n'est que lorsque cette zone est affectée que le handicap auditif apparait vraiment.

Dans la pratique, le moyen qui permet de caractériser la qualité de l'audition d'un individu est basé sur l'utilisation de l'audiométrie.

II.4. Définition de L'audiométrie :

L'audiométrie est un ensemble de mesures qui a pour but de déterminer le profil d'une personne, c'est-à-dire à fournir un état précis sur son audition.

Le principe consiste à produire des sons et des mots que la personne doit écouter. Ces sons ont une certaine fréquence et une intensité que l'on peut faire varier. L'audiométrie utilise aussi des listes de mots que la personne doit écouter. Cet ensemble de tests permet de mesurer le seuil de l'audition humaine.



Figure II.6 : Audiomètre de diagnostic aérien/osseux/vocale.

Les audiomètres sont des appareils permettant la mesure du seuil auditif, du seuil de confort et d'inconfort du patient. La figure (II.6) montre un aspect de ces audiomètres. Les résultats obtenus par cette méthode sont inscrits sur une courbe appelée audiogramme.

On différencie deux types d'audiométrie en fonction des signaux test utilisés :

II.4.1. L'audiométrie tonale :

L'audiométrie tonale sert à mesurer, par voie aérienne et par voie osseuse, le seuil d'audition pour l'ensemble des fréquences conversationnelles, de 125 Hz à 8000 Hz en voie aérienne et 250 Hz à 4000 Hz en voie osseuse. On utilise, en conduction aérienne (c'est-à-dire via le tympan et les osselets) un casque (figure II.7)

ou encore un haut-parleur (placé à 1mètre en position frontal). En conduction osseuse, on utilise un vibreur (figure II.8) posé derrière l'oreille, et cela pour les deux oreilles séparément. Ce dernier examen permet d'étudier la conduction osseuse du son à travers les os de crane.

Un bon examen audiométrique tonal doit tester les deux voies de conceptions puisque l'audiométrie par voie osseuse confirme souvent celle par voix aérienne.



**Figure II.7 : Casque pour l'examen
Voie aérienne.**



**Figure II.8 : Serre-tête pour l'examen
Voie osseuse.**

II.4.1.1. Choix des signaux tests :

Les signaux utilisés en audiométrie tonale sont des sons purs, de préférence pulsés, car plus faciles à identifier et réduisant les risques de fatigue auditive. A chaque niveau, le temps de stimulation doit être de 1 à 2 secondes. L'intervalle entre deux présentations doit être variable.

II.4.2. L'audiométrie vocale :

Elle complète très souvent l'audiométrie tonale. L'audiométrie vocale sert à mesurer, à l'aide des listes de mots à une ou deux syllabes dites phonétiquement équilibrées, la compréhension de la personne à différents niveaux d'intensité.

Le test se pratique au casque ou en champ libre (haut-parleur placé devant la personne). L'unité de ce test est le mot, si une erreur est commise sur le mot, celui-ci

est considéré comme totalement faux. Quarante listes de dix mots chacune sont constituées pour ce test et le résultat se compte en pourcentage (%) par liste.

La représentation graphique des résultats est une courbe où l'abscisse est l'axe des intensités d'émission en dB, et l'ordonnée le pourcentage de mots correctement répétés (figure II.9).

La courbe d'intelligibilité d'un sujet normal avec des mots dissyllabiques se présente sous la forme de « S » italique. Elle est plus inclinée avec des mots monosyllabiques.

Un sujet sain obtient 100 % d'intelligibilité à 20 dB d'intensité alors qu'à 5 dB, il est proche de 0 %.

Il faut, par la suite comparer l'audiométrie tonale avec l'audiométrie vocale.

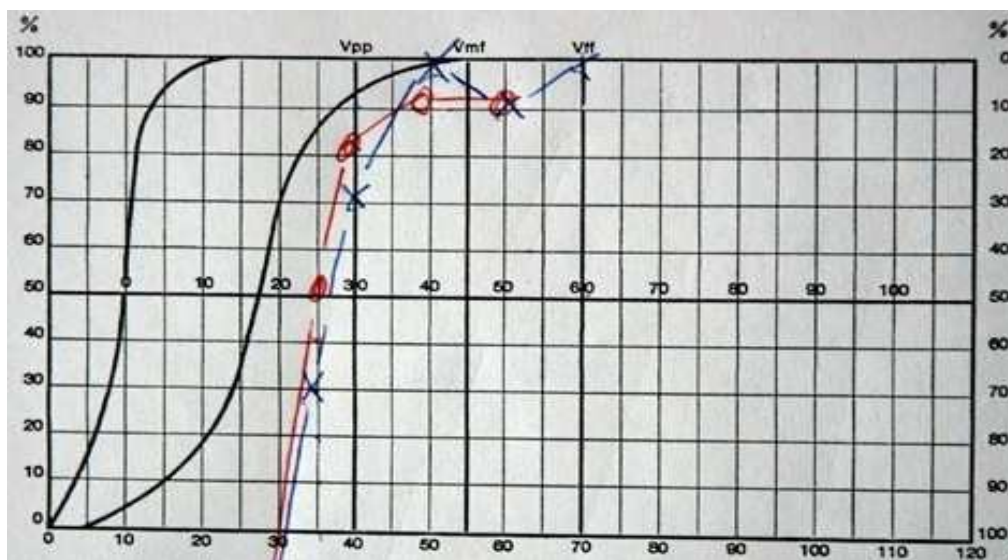


Figure II.9 : Audiogramme vocale.

Sur cette courbe, l'axe vertical indique le pourcentage de mot répété correctement, donc reconnu par le patient, en fonction de l'intensité d'émission de ces mots.

II.5. Spécification de l'enfant :

Un cas particulier doit être abordé à ce niveau qui concerne les tests par audiométrie appliqués à l'enfant.

En effet un enfant ne va pas pouvoir participer à une audiométrie comme un adulte. Pour cette raison, des techniques particulières tenant compte de son niveau de

développement global et de son niveau de langage, fait appel à un conditionnement ludique.

Le tableau suivant englobe alors les méthodes utilisées pour mesurer l'audition d'un enfant à différents âges :

Age de l'enfant	Mode de stimulation conduction aérienne	Mode de stimulation conduction osseuse	Réalisation audiométrie vocale	Réponse observée
< 6 mois	Jouets sonores babymètre	–	–	comportementale
6 mois – 18 mois	Champ libre	Vibrateur	Appel prénom	Réflexe orientation conditionné (ROC)
18 mois – 3 ans	Champ libre	vibrateur	Tests de désignation	Peep-show
3 ans – 6 ans	Casque	vibrateur	Liste de mots adaptés	Cubes
> 6 ans	Casque	vibrateur	Liste de mots	Cubes ou idem adultes

Figure II.10 : tableau significatif de l'audition chez l'enfant.

Ce tableau présente des âges standards mais on doit tenir compte du développement de l'enfant plus que de son âge chronologique. L'audiométrie subjective peut être réalisée à tout âge. Elle nécessite un praticien entraîné et présente des limites qui peuvent faire recourir à des tests objectifs. L'audiométrie objective (impédancemétrie, potentiels évoqués auditifs) peut se pratiquer à tout âge, sous anesthésie générale si nécessaire.

II.6. L'audiogramme tonal :

Un audiogramme tonal détermine le niveau auquel une personne peut entendre des sons purs d'intensité et de fréquences différentes.

Un audiogramme tonal donne donc une représentation graphique du seuil d'audibilité l'intensité la plus basse que la personne peut encore entendre est définie comme seuil d'audibilité. Ce seuil est déterminé pour différentes fréquences (125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 et 8000 Hz).

Dans un audiogramme, la ligne 0 dB représente le seuil d'audibilité d'une personne avec une audition normale. La ligne droite dans la figure ci-dessous (figure II.11) illustre l'audiogramme d'une personne avec une bonne audition (conduction aérienne).

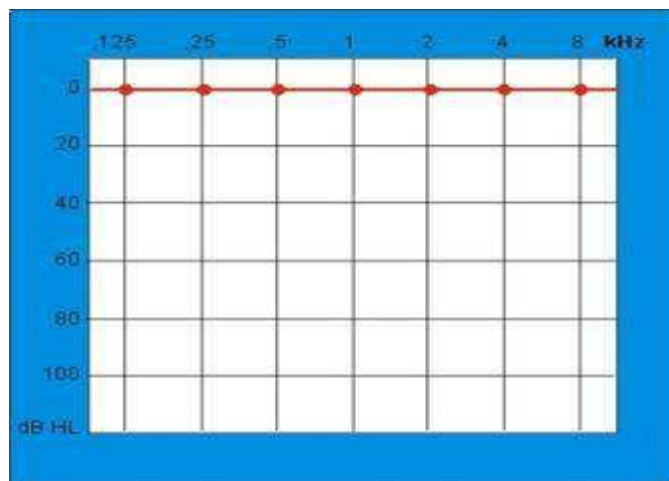


Figure II.11 : Audiogramme d'une personne avec une bonne audition.

Dans cet exemple, pour toutes les fréquences utilisées (sur l'axe horizontal, exprimées en kHz), la personne testée présente 0 dB (axe vertical) de perte auditive. Ce test est réalisé dans une pièce insonorisée, au moyen d'un audiomètre et d'un casque, et permet de tester chaque oreille séparément.

La perte auditive est exprimée en dB (décibels). C'est l'écart par rapport à la ligne 0 dB. Le résultat représenté à la figure (II.12), nous indique donc que cette personne présente une perte auditive de 20 dB à 125 Hz (son très grave), de 10 dB à 500 Hz (son moyen) et de 70 dB à 4000 Hz (son aigu).

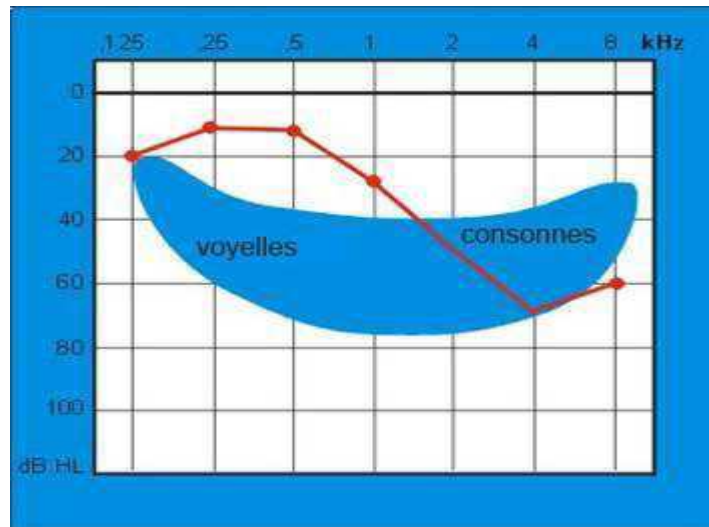


Figure II.12 : Audiogramme d'une personne souffrant de problèmes d'audition.

Une perte dans les sons aigus entraîne l'incapacité de bien percevoir les consonnes (m, n, b, s, t etc.), très importantes pour la parole. Une perte dans les sons graves entraîne l'incapacité de bien comprendre les voyelles. Une personne avec un volume vocal normal parle avec une intensité moyenne d'environ 65 dB. Une partie de la parole résonnera plus fort, une autre partie résonnera moins fort. Dans l'audiogramme ci-dessus (figure II.12), la zone bleue illustre les fréquences et les intensités d'une conversation normale. La partie située au-dessus de la ligne rouge n'est plus audible pour la personne malentendante. Celle-ci ne percevra donc plus la majeure partie des consonnes. Etant donné que les consonnes sont principalement déterminantes pour distinguer les sons et donc pour comprendre la parole, cette personne éprouvera des problèmes pour suivre une conversation.

La courbe d'un audiogramme peut adopter de nombreuses formes différentes. La plupart du temps, la perte auditive se manifeste d'abord dans les sons aigus, même si la personne est devenue malentendante à cause d'un bruit à basse fréquence.

Lorsque l'audition empire, la ligne se déplace vers le bas. Plus la ligne est basse, plus l'audition est donc mauvaise.

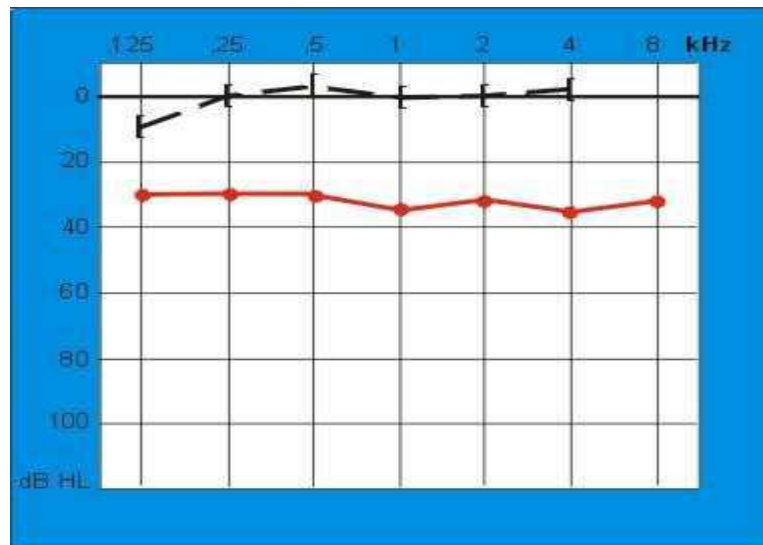


Figure II.13 : Audiogramme tonal.

Dans l'audiogramme ci-dessus (figure II.13), le seuil de conduction osseuse (ligne noire) est normal, tandis que le seuil de conduction aérienne (ligne rouge) est d'environ 30 dB. La différence entre ces deux seuils appelée « ring audiométrique ». Le seuil de conduction osseuse montre que la partie de perception de l'oreille (c'est-à-dire l'oreille interne) fonctionne normalement. La vibration qui est transmise via un petit vibreur sur le crâne est directement transmise vers l'oreille interne. Par contre, les sons transmis via le casque sont entravés sur leur chemin par le liquide ou l'obstacle qui se trouvent derrière le tympan. L'audiogramme (figure II.13) indique que l'oreille moyenne ne fonctionne pas bien. On parle alors de perte de conduction.

L'interprétation de ces courbes permet de mesurer différents paramètres dont le degré de perte de l'audition et le type de surdité.

Il existe 6 degrés de surdité :

- **De 0 à 15 dB inclus :**
Audition normale. Aucun effet négatif à envisager.
- **De 15 à 25 dB inclus :**
Très légère perte auditive. Parfois difficulté à comprendre les voix faibles, et

quelques difficultés à suivre une conversation dans des environnements bruyants (réception, réunion, présentation, restaurant).

- **De 25 à 40 dB inclus :**
Légère perte auditive. Difficulté à comprendre quelqu'un à distance (voix faible), souvent nécessité de monter un peu le volume dans des environnements bruyants.
- **De 40 à 70 dB inclus :**
Perte auditive moyenne. Possibilité de comprendre les autres personnes uniquement si elles parlent d'une voix puissante et si elles restent à proximité. Nécessité de monter le volume à tel point que cela gêne les personnes se trouvant dans la même pièce. Problèmes de compréhension dans des environnements bruyants.
- **De 70 à 90 dB inclus :**
Perte auditive sévère. Même à courte distance, une personne doit crier pour se faire comprendre. Nécessité de monter le volume à tel point que les voisins éventuels en ressentent une gêne. **Impossibilité, par exemple** de déceler la sonnette de la maison ou la sonnerie du téléphone à distance. Impossibilité d'avoir des conversations dans un environnement bruyant.
- **90 dB et plus :**
Perte auditive profonde. Seuls les sons très forts sont encore perceptibles. Impossibilité encore de suivre une conversation normale, parce que la parole (voix normale) n'est même plus audible dans le calme.

La répartition ci-dessus est globale et déduite de l'audiogramme.

➤ **Remarque :**

On réalise souvent en parallèle un audiogramme vocal pour déterminer la mesure dans laquelle une personne est capable de comprendre la parole, accompagné parfois d'un test qui permet de déterminer la mesure dans laquelle une personne comprend la parole avec un bruit de fond.

II.7. L'Impédancemétrie :

Il existe d'autres examens complémentaires à l'audiométrie comme : L'impédancemétrie et le PEA. L'**impédancemétrie** est devenue une méthode d'exploration objective (pas de participation du patient) tout à fait complémentaire de l'audiométrie. Elle consiste, en faisant varier la pression acoustique dans le conduit auditif, à mesurer pour chaque valeur de cette pression, l'énergie sonore absorbée par l'oreille. La courbe ainsi obtenue est le Tympanogramme.

L'oreille moyenne avec le tympan et les osselets joue le rôle d'adaptateur d'impédance qui facilite le passage du son de l'air dans le milieu liquidien de l'oreille interne. La mesure se fait avec un impédancemètre de MADSEN (pont électroacoustique, fonctionnant comme un pont de Wheatstone). L'énergie acoustique absorbée est donnée par la différence entre l'énergie acoustique incidente (connue) et l'énergie acoustique réfléchie (mesurée). La quantité d'énergie réfléchie par l'oreille est fonction de son impédance. Des mesures de compliance (inverse de la rigidité) du tympan peuvent être effectuées.

Le graphe obtenu est appelé tympanogramme. Dans le cas d'un état normal, on obtient un pic centré sur la pression zéro traduisant une équipression sur les deux faces du tympan. Un pic décalé traduira un dysfonctionnement de la trompe d'eustache, alors qu'un épanchement dans la caisse du tympan correspondra à une courbe plate.

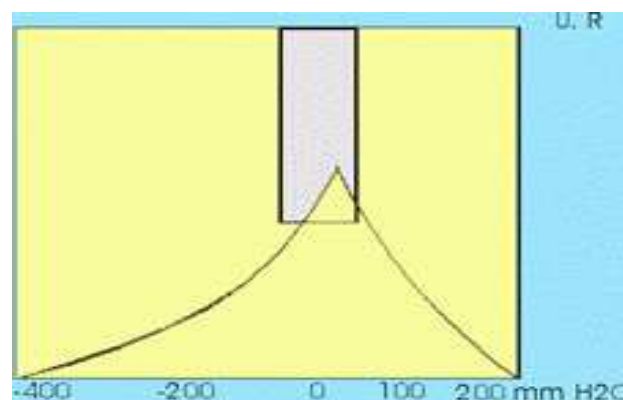


Figure II.14: Tympanogramme Normal.

Cet examen permet d'étudier non seulement l'appareil de transmission, mais aussi des mécanismes réflexes tel que celui du muscle de l'étrier.

II.8. Les potentiels évoqués auditifs (PEA) :

Un autre type de test est définie par le signal PEA (Potentiel Evoqué Auditif) qui consiste à prélever l'activité électrique induite par un stimulus sonore recueillie par des électrodes externes, cette activité est très faible et doit être extraite du bruit de fond par des méthodes électroniques pour pouvoir être enregistrée (filtrage).

On peut ainsi enregistrer des P.E.A. qui se présentent sous la forme de cinq ondes, chacune correspondant à une région anatomique de la voie nerveuse auditive. L'étude des latences des ondes permet d'apprécier la conduction nerveuse de chaque segment, et le niveau d'apparition des ondes constitue un test d'audiométrie objective. Les P.E.A ont en grande partie remplacé l'électrocochléogramme qui nécessitait la pose d'une électrode à travers le tympan.



Figure II.15 : Système PEA.

II.9. Structure d'un appareil auditif :

Lorsque l'audiométrie confirme un problème auditif sérieux, l'un des remèdes utilisés consiste en la pose d'un appareil auditif. Nous donnons brièvement dans ce qui suit le fonctionnement de cet appareil, pour simplifier, un appareil auditif se compose de deux parties : le contenant, appelé aussi coque de l'appareil ou boîtier et le contenu ou l'électronique. La structure de base d'un appareil auditif est toujours la même (voir figure II.16). Elle comprend :

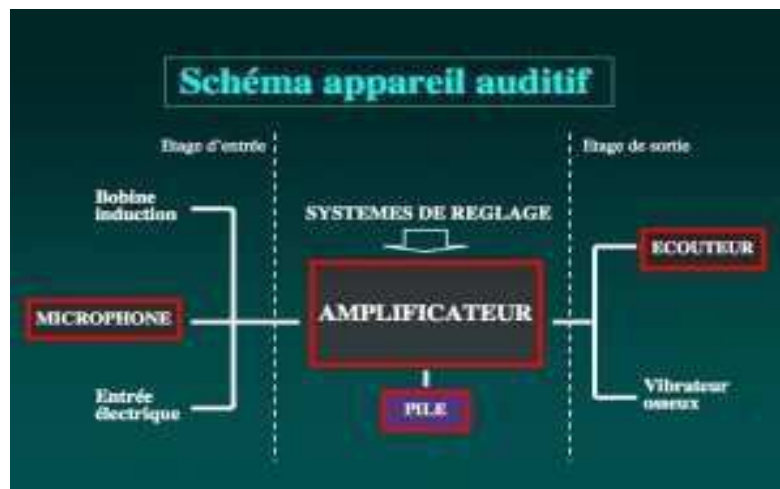


Figure II.16 : Schéma appareil auditif.

- Un système ou étage d'entrée composé le plus souvent d'un **microphone** pour capter les sons et les transformer en signal électrique. Une entrée électrique ou une bobine d'induction magnétique peuvent aussi servir de système d'entrée. Il existe deux types de microphones : le microphone omnidirectionnel qui capte les sons provenant de toutes les directions et le microphone directionnel qui capte les sons provenant d'une direction donnée. Les appareils performants possèdent souvent ces deux types de microphones pour améliorer la compréhension dans les endroits bruyants.
- Un système d'**amplification** et de traitement du son le plus souvent numérique. C'est le cœur de l'appareil auditif qui va modifier et amplifier le signal électrique reçu par le microphone. Il existe cinq types principaux d'amplification qui diffèrent par le niveau de puissance électrique disponible pour alimenter l'écouteur, la dépense d'énergie au niveau de l'alimentation et la distorsion du signal électrique de sortie. Deux systèmes d'amplification sont habituellement utilisés : l'amplification dite linéaire, qui amplifie tous les sons de la même manière, et l'amplification dite non linéaire qui amplifie le son en fonction de la perte auditive sur certaines fréquences. Différents systèmes de réglage utilisant des filtres ou des algorithmes sont également utilisés pour travailler encore mieux le son. Ils expliquent les principales différences entre les appareils auditifs.

- Un système ou étage de sortie composé le plus souvent d'un **écouteur** pour transformer le signal électrique modifié et amplifié en son et le renvoyer dans l'oreille. Il peut aussi être composé d'un vibreur osseux. Il existe trois types principaux d'écouteurs différenciés en fonction de la pression acoustique de sortie, du prix et de la consommation d'énergie notamment.
- Un système d'alimentation, le plus souvent une **pile** qui se change plus ou moins régulièrement en fonction de la taille. Il existe aussi des systèmes de recharge avec des accumulateurs.

La technologie numérique est aujourd'hui utilisée dans la plupart des appareils auditifs. Elle consiste à placer un petit système entre le microphone et l'amplificateur. Ce système est un filtre qui convertit le signal électrique en chiffres 0 et en 1 (d'où l'appellation de numérique). Ce signal codifié est traité par l'amplification puis à nouveau converti en impulsion électrique pour l'écouteur. Le traitement binaire du son est beaucoup plus précis et certains détails peuvent être modifiés sans trop altérer l'ensemble du signal. La technologie numérique permet de séparer beaucoup plus facilement les bandes de fréquences (jusqu'à 20) et de mieux cibler celles qui demandent une amplification. L'appareil peut aussi régler lui-même l'intensité sonore reçue par l'oreille en fonction du niveau du son qu'il perçoit. Cela veut notamment dire qu'un son faible est amplifié et qu'un son fort est automatiquement atténué (compression automatique).

Les **réglages à disposition** de l'utilisateur se présentent sous trois formes :

- Réglage automatique : l'appareil gère tout.
- Réglage manuel : l'utilisateur gère le volume et a la possibilité d'avoir différents programmes en fonction de l'ambiance environnante.
- Télécommande : réglage manuel beaucoup plus perfectionné avec la possibilité d'avoir notamment en plus une liaison Bluetooth pour le natal ou la TV.

Conclusion :

Nous venons donc de voir les différents types de mal fonctionnements auditifs et les causes principales qui peuvent les provoquer.

L'outil pratique qui permettant de détecter les dysfonctionnements du système auditif est l'audiomètre dont l'utilisation se traduit par une courbe appelée audiogramme à partir de laquelle nous pouvons caractériser l'état du système auditif.

Notre travail consiste à utiliser un audiomètre avec liaison sans fil. Pour cela, nous utilisons le Bluetooth qui fait l'objet du chapitre suivant.



Chapitre III
La transmission par
Bluetooth

Introduction :

Beaucoup de maladies chroniques nécessitent une surveillance quotidienne. La télémédecine consiste en l'utilisation des télécommunications et des technologies de l'information pour permettre l'accès aux informations médicales, la prestation de soins et la supervision des patients à distance. En pratique, il s'agit de recueillir, organiser et partager les informations cliniques requises afin d'évaluer l'état du patient, de faire un suivi, de poser un diagnostic, ... etc.

Dans notre application, nous allons utiliser la liaison sans fil (liaison Bluetooth) entre ordinateur médecin et casque patient. Il s'agit d'un mode de communication assez récent qui offre des avantages incomparables par rapport aux autres modes de communication sans fil.

On débutera par une brève description de connexion entre périphériques, puis la présentation du protocole Bluetooth en expliquant le rôle des différentes couches qui le constituent puis le type des réseaux possibles. Nous finirons par citer les différents avantages et inconvénients de l'utilisation de la liaison Bluetooth.

III.1. Description d'une transmission :

L'information issue d'une source est transmise par un EMETTEUR via un CANAL de transmission (atmosphère, ligne électrique, fibre optique...).

Un autre utilisateur va récupérer sur le CANAL, grâce à un RECEPTEUR, le signal transmis auquel se seront superposés des parasites : bruit ou perturbations (figure III.1).

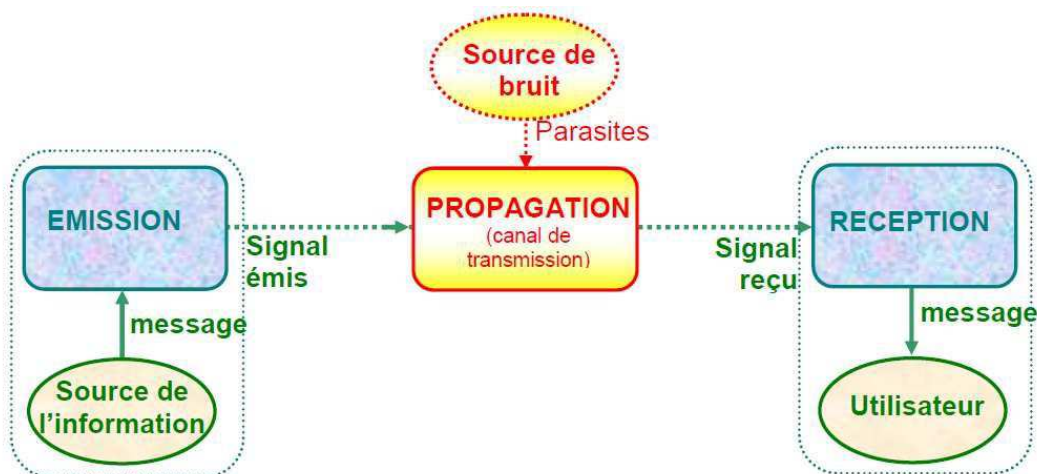


Figure III.1 : schéma général d'une transmission.

Dans cet exemple de radiofréquences, on a une transmission unidirectionnelle (simplex), comme pour la radio, à distinguer d'une transmission bidirectionnelle alternée (half-duplex) dans le cas du talkie-walkie ou d'une transmission bidirectionnelle (full duplex) dans le cas du téléphone analogique.

III.2. Organisation des transmissions HF :

III.2.1. Organisation fonctionnelle d'un émetteur-récepteur :

La liaison par voie radioélectrique peut se décomposer en 3 parties : l'émetteur, le canal de transmission et le récepteur. Le rôle de l'émetteur est de convertir le message à transmettre sous forme d'un signal électrique modulé et transposé à la fréquence d'émission, puis de l'amplifier en puissance et l'émettre sur l'antenne.

Quant au récepteur, à partir d'une autre antenne, il devra restituer le message le plus fidèlement possible.

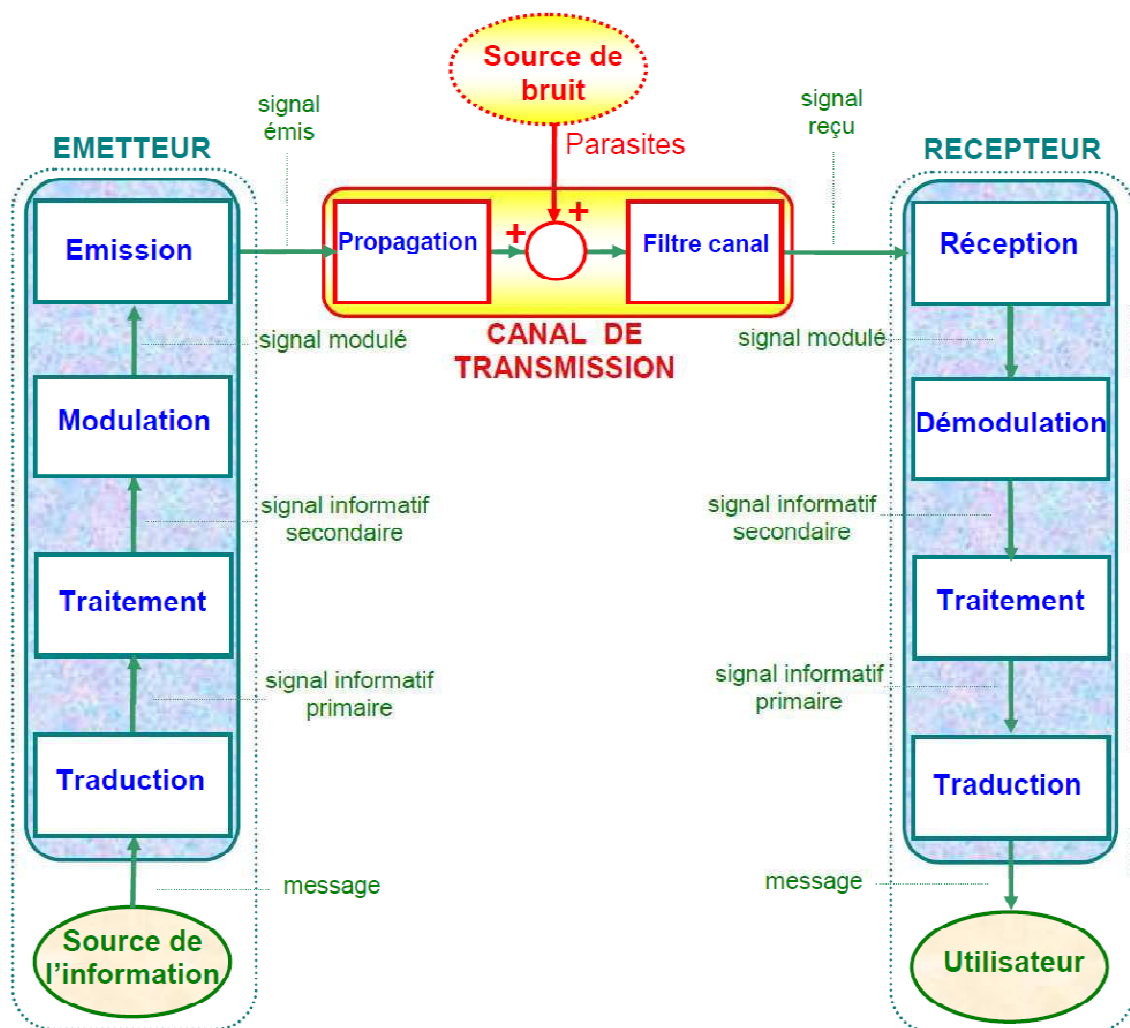


Figure III .2 : schéma fonctionnelle d'un émetteur-récepteur HF.

III.2.2. Description des fonctions utilisées :

III.2.2.1. A l'émission :

- **Traduction** : permet de convertir un phénomène physique (par exemple la voix) en un signal électrique, via un capteur adapté à cette grandeur.
- **Traitement** : il peut s'agir simplement d'une amplification linéaire, de préaccentuation (Gain variable avec la fréquence). En numérique, il peut s'agir aussi du codage de l'information pour avoir une confidentialité, une sécurité (détection d'erreur) ou pour optimiser la rapidité de la transmission (compression).

- **Modulation** : elle a pour fonction de transposer l'information sur une porteuse, afin d'occuper un espace fréquentiel réduit pour une bande donnée et de ne pas perturber les voies adjacentes.

On module une porteuse sinusoïdale (spectre composé par une raie unique) par le signal transportant l'information. La modulation ayant pour effet de reporter le spectre du signal informatif au voisinage d'une fréquence f_0 plus élevée située dans un domaine favorable à la propagation. La modulation consiste à faire varier l'un des paramètres de la porteuse f_0 , soit l'amplitude, soit la fréquence, soit la phase, proportionnellement au signal informatif.

III.2.2.2. Le canal de transmission :

- Un canal indique le milieu dans lequel se propage le signal. Mais il indique aussi la partie la plus ou moins large du spectre occupé. Il peut être désigné par un code (en télévision par exemple), ou par sa fréquence centrale (en radiodiffusion FM). Sa largeur dépend du type d'application, avec 8 MHz pour un canal TV, environ 250 kHz pour un canal FM et 12,599 kHz en téléphonie.
- **Filtres canal** : ils ont pour fonction de séparer les signaux utiles des autres, ils sont omniprésents, et à base de condensateurs et de bobines.

III.2.2.3. A la réception :

- **Antenne** : c'est une interface entre le milieu dont lequel les ondes se propagent et l'appareil où elles sont guidées.

Les antennes pour mobiles sont en général peu directives et parfois électriquement petites (vis-à-vis de la longueur d'onde). Ces antennes sont fréquemment réalisées en technologie imprimée afin de réduire les coûts de production en série.

- **Démodulation** : c'est l'opération qui, à partir du signal modulé reçu du canal de transmission, permet de reconstituer le signal informatif (après traitement).
- **Traitement : (Amplificateur (Emetteur-Récepteur))**: il a pour fonction d'augmenter le niveau du signal, les amplificateurs les plus courants sont à transistors.
- **Traduction** : Permet de convertir le signal électrique en phénomène physique via un haut parleur (dans le cas de la voie).

III.3. Transmission par Bluetooth:

Bluetooth est la première norme créée en **1994** par le fabricant suédois **Ericsson** pour les transmissions vocales et les transferts de données sur de courtes distances. En **1998**, plusieurs grandes sociétés (comme **Agrée, IBM, Intel, Microsoft, Motorola, Nokia** et **Toshiba**) s'associent pour former le **Bluetooth Spéciale Interest Group(SIG)**. En **juillet 1999** c'est la sortie de la spécification 1.0. Le **28 mars 2006**, le « **Bluetooth Special Interest Group** » (SIG) annonce la deuxième génération de la technique sans fil Bluetooth, qui est capable d'assurer des débits cent fois supérieurs à l'ancienne version, passant donc de 1 Mb/s à 100 Mb/s (soit 12,5 Mo/s). Cette technique, utilisée dans les téléphones mobiles, périphériques informatiques et autres appareils portables comme les assistants personnels (PDA) ont vu leur vitesse de transmission augmenter année après année.

III.4. Utilisation de système Bluetooth :

C'est une technologie de communication sans fil noté WPAN (Wireless Personnel Area Network), qui permet de relier plusieurs appareils entre eux à quelques dizaines de mètres sans liaison filaire, en utilisant les ondes radio comme support de transmission (bande de fréquence des 2,4 GHz).

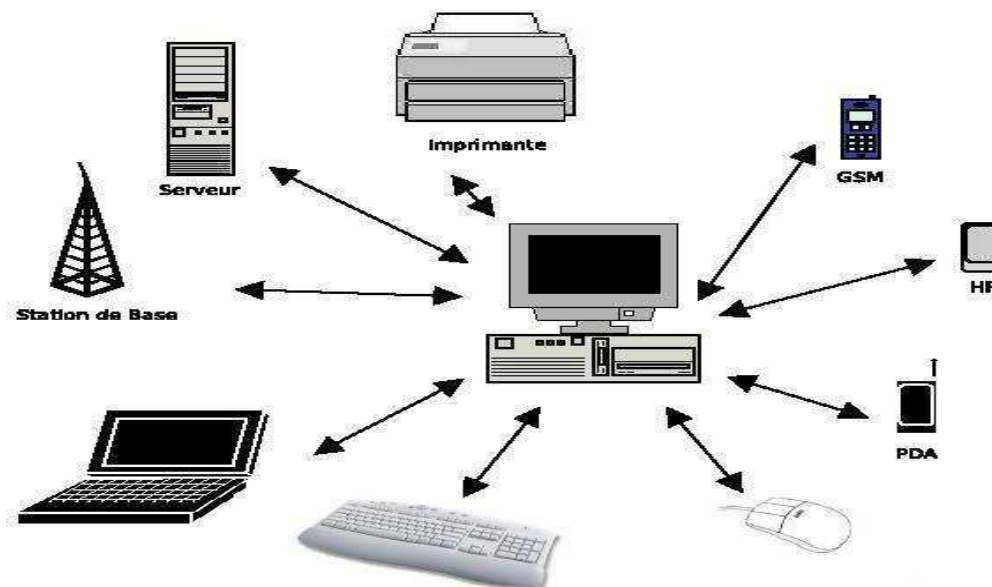


Figure III.3 : Domaine d'application de Bluetooth.

Comme la montre la figure(III.3), énormément d'appareils peuvent être équipés en Bluetooth et beaucoup le seront dans le futur. Les applications courantes existant actuellement peuvent être résumées comme suit :

- **Ordinateur :**

Beaucoup d'ordinateurs, surtout les ordinateurs portables sont équipés de séries avec des puces Bluetooth, ce qui permet d'utiliser toute sorte de périphériques (clavier, souris, imprimante...) mais aussi des fonctions plus avancées comme la synchronisation avec un PDA (agenda, fichier bureautique...) ou un téléphone portable (répertoire téléphonique, photo, vidéo...).

- **Clavier, souris :**

Clavier et souris Bluetooth permettent de faire disparaître les fils disgracieux et sont avantageusement utilisés avec les systèmes Media Center.

Ces périphériques sont équipés de piles ou de batteries rechargeables. Les souris sont parfois alourdies par le poids des piles ce qui peut gêner leur usage.

- **Imprimante :**

Les imprimantes Bluetooth commencent à arriver sur le marché au même titre que les imprimantes Wifi. Le fil de données disparaît, mais on conserve tout de même leur câble d'alimentation électrique pour le bloc d'impression toujours gourmand en électricité.

- **Téléphone portable et PDA :**

Numéro un de la mobilité, les téléphones portables et PDA ont été les premiers appareils équipés de la technologie Bluetooth et ils le sont quasi tous maintenant. Beaucoup davantage sont apparus : Fonctions de synchronisation (agenda, mail...), envoi de données, possibilité d'utiliser les portables comme modem GSM pour un ordinateur afin de surfer sur le net....

- **GPS :**

Les navigateurs GPS ou modules GPS simples (couplé à un PDA ou ordinateur portable) sont équipés en Bluetooth, ce qui permet de les relier à un téléphone portable pour des mises à jour en direct en situation de mobilité (carte des radars, avertissement...) ou de les mettre tout simplement à jour par l'intermédiaire d'un ordinateur.

- **Voix :**

Le Bluetooth autorise des liaisons en temps réel permettant le transport de la voix, comme les conversations téléphoniques.

- **Oreillette :**

Utilisée principalement avec les téléphones mobiles pour les fonctions mains libre.

- **Casque audio :**

Plus besoins de raccorder casques avec les cordons mini jack à la carte son des ordinateurs, les liaisons sans-fil Bluetooth se charge à transporter les sons (musique, voix...) en toute liberté.

- **Dongle USB:**

Des adaptateurs Bluetooth permettent à un ordinateur de supporter le Bluetooth s'il n'en est pas équipé d'origine. Sous forme de clé USB nommé dongle USB à connecter simplement dans un port USB libre de l'ordinateur et les communications Bluetooth peuvent commencer.

- **carte mémoire**

Les cartes mémoires types SD Card ou Media Card permettent de fournir les fonctions Bluetooth à un PDA ou un ordinateur. La miniaturisation des puces Bluetooth a permis cette avancée.

III.5. Architecture du Bluetooth :

Le Bluetooth utilise une architecture qui prend la forme d'une pile : chaque couche dépend de la partie inférieure et tout est empilé. Le transport de données en Bluetooth utilise une architecture en couches. Les deux premières couches correspondent au niveau le plus bas de la transmission. La couche physique s'occupe du transfert des bits par modulation de fréquence, des sauts de fréquence, de la détection, etc. La couche logique, séparée en deux couches lien et transport, distingue quant à elle un lien logique utilisé pour des transports indépendants entre deux ou plusieurs périphériques (figure III.4).

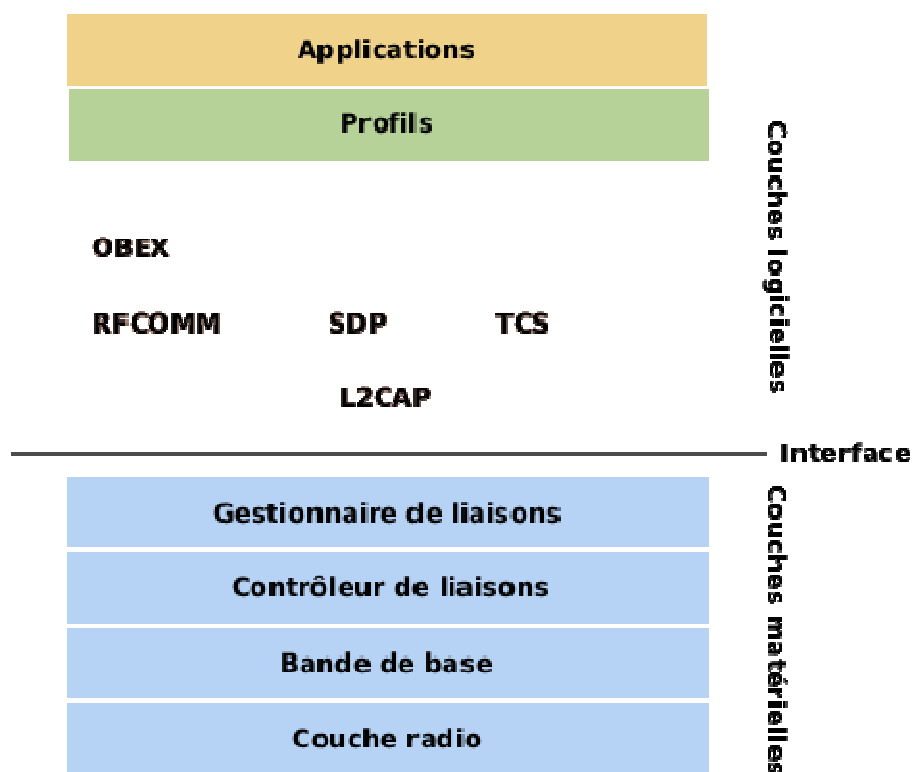


Figure III.4. Couches de la pile Bluetooth.

III.5.1. La partie matérielle :

Une partie de la pile est matérielle, gérée par le contrôleur lui-même. Ce dernier peut être une puce indépendante ou être intégré dans une autre puce (avec le Wifi, par exemple). La couche radio est gérée par le contrôleur, et indique les fréquences et la puissance nécessaire aux périphériques. La bande de base indique les types de liaisons que le Bluetooth peut utiliser. Le contrôleur de liaison gère la connexion physique entre deux appareils et le gestionnaire de liaison doit gérer la sécurité et les liens utilisés entre les périphériques. L'interface de contrôle (HCI) est indépendante du hardware et du software. Elle sert à faire un pont entre le logiciel et le matériel. Le protocole Bluetooth permet d'utiliser des contrôleurs sur les types de liaisons suivantes : USB (le plus courant), PC Card (rare actuellement), série RS232 (généralement dans l'industrie, comme pont), UART (rare) et SD (rare actuellement). Expliquons plus en détail le rôle de chaque couche.

III.5.1.1. La couche radio :

La technologie Bluetooth utilise l'une des bandes de fréquences ISM (Industrial, Scientific and Medical) réservée pour l'industrie, la science et la médecine. La bande de fréquences utilisée est disponible au niveau mondial et s'étend sur 83,5 MHz (de 2,4 à 2,4835GHz). Etant la couche la plus basse, il s'agit d'une couche matérielle. C'est à son niveau que les flux de données sont transformés afin d'être émis sur le support de transmission et les fréquences reçues transformées en bits. C'est sur cette couche que l'on retrouve l'émetteur. Il faut savoir que la technologie Bluetooth est définie en trois classes d'émetteurs et qu'une classe correspond à une puissance d'émetteur et donc à une portée d'émission du signal différent.

Classe	Puissance	Portée
Classe I	100 mW	100 m
Classe II	2.5 mW	15 à 20 m
Classe III	1 mW	10m

Figure III.5: Tableau des classes d'émetteurs.

III.5.1.2. La couche Bande de base :

Il s'agit d'une couche matérielle aussi. La bande de base (base band) définit les adresses matérielles des périphériques Bluetooth (Correspond à l'adresse MAC d'une carte réseau). Cette adresse est nommée BD_ADDR (Bluetooth Device Address) et est codée sur 48 bits. Ces adresses sont gérées par l'IEEE Registration Authority.

C'est à ce niveau que se gère notamment la supervision des différentes connexions, de l'authentification des appareils, et du chiffrement. Elle gère également les mises en veille des différents appareils.

C'est également la bande de base qui gère les différents types de communication entre les appareils.

III.5.1.3. La couche Contrôleur de liaison :

Cette couche gère la configuration et le contrôle de la liaison physique entre deux appareils.

III.5.1.4. La couche Gestionnaire de liaison :

Cette couche gère les liens entre les périphériques maîtres et esclaves ainsi que les types de liaisons (synchrones ou asynchrones).

III.5.2. L'interface :

Plus précisément l'interface de contrôle de l'hôte (HCI), peut fournir une méthode uniforme pour accéder aux couches matérielles. Son rôle de séparation permet un développement indépendant du hardware et du software.

III.5.3. La partie logicielle :

La couche L2CAP (Logical Link Control & Adaptation Protocol) est la partie logicielle qui permet de gérer les paquets et d'utiliser les différents profils. Les Profils sont des fonctions logicielles implémentant une fonction particulière (gestion d'oreillette, de transfert de données, etc.). Les profils supportés dépendent du matériel et de la stack utilisée.

La stack est le nom donné à la partie logicielle du Bluetooth. Considérée par certains comme un pilote, il s'agit en pratique d'un peu plus que ça. La stack est un pilote mais aussi une interface logicielle qui gère les profils. On retrouve deux types de stack, celles intégrées à un système d'exploitation et les autres.

III.5.3.1. Le protocole d'adaptation et de contrôle de lien logique (L2CAP) :

L2CAP est l'équivalent d'un protocole d'accès au média, propre au Bluetooth, permettant de multiplexer des protocoles de couches supérieures (RFCOMM par exemple). Il peut gérer la fragmentation des paquets et le ré-assemblage.

Ce protocole offre la possibilité aux couches supérieures d'envoyer ou de recevoir des paquets allant jusqu'à 64 Ko.

Il fonctionne via des canaux appelés PSM (Protocol/Service Multiplexer) qui se chargent de rediriger les requêtes vers les protocoles des couches supérieures.

- Exemple le protocole RFCOMM utilise le PSM 3 tandis que SDP utilise le PSM 1.

Chaque PSM est attaché à un protocole suivant le schéma plusieurs-vers-un. Donc plusieurs canaux peuvent être attachés au même protocole, mais un canal ne peut pas être attaché à plusieurs protocoles.

III.5.3.2. Protocol RFCOMM :

RFCOMM est un protocole de transport simple, il permet des communications de type RS232 (série). RFCOMM peut supporter jusqu'à 60 connexion simultanées.

III.5.3.3. Service discovery protocol (protocole de découverte de service) : SDP

Le SDP permet de découvrir d'autre composant équipé Bluetooth et de lister tout les services qu'offre cet équipement.

III.5.3.4. Telephony Control Protocol Specification: TCS

Il s'agit du protocole utilisé pour la circulation des communications audio entre deux appareils Bluetooth.

III.5.3.5. Protocol OBEX :

Object Exchange, il permet d'échanger des objets entre deux composants Bluetooth. Les types d'objets échangés sont assez variés, il peut s'agir de carnet d'adresse, de photo, de vidéo etc.

III.5.3.6. Les profils :

Les profils sont définis pour faciliter les connexions et pour assurer l'interopérabilité entre les composants Bluetooth. Ils définissent les couches qui devront être utilisées.

Tous les composants Bluetooth sont obligatoirement placés dans un profil. Il existe 24 profils différents.

III.6. Présentation d'un réseau Bluetooth :

Un piconet regroupe un ensemble d'appareils utilisant Bluetooth dans un réseau ad hoc. Un piconet existe dès que deux appareils se connectent ensemble et peut contenir jusqu'à 8 appareils. Lors de la création du réseau, l'appareil qui démarre la connexion deviendra le maître du réseau et tous les autres appareils seront ses esclaves pendant toute la durée de vie du piconet.

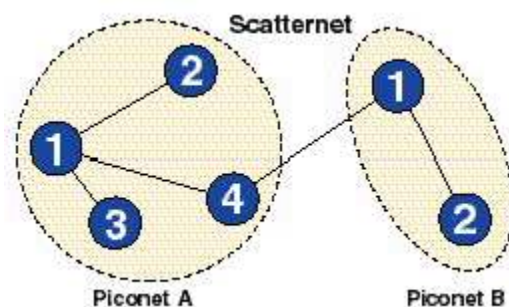


Figure III.6 : Exemple de piconet et de scatternet.

Deux piconets peuvent être connectés ensemble, ils forment alors un réseau scatternet. Il existe plusieurs possibilités pour créer un scatternet. L'esclave d'un piconet peut devenir le maître d'un autre piconet ou esclave dans plusieurs piconets. Les appareils Bluetooth d'un même piconet utilisent un canal commun pour échanger les paquets. Ce canal est divisé en intervalle de temps, slots, de 625 s dont l'utilisation est gérée par le maître du piconet. Il interroge les esclaves pour leur permettre de transmettre leurs paquets. Le maître émet durant les intervalles pairs et les esclaves durant les intervalles impairs. Une transmission ne peut se faire qu'entre un maître et un esclave ou entre un esclave et son maître. Les communications esclave-esclave n'existent pas.

III.6.1.Principe de communication :**III.6.1.1.La technique du saut de fréquence :**

Le standard Bluetooth, à la manière du Wifi utilise la technique FHSS (Frequency Spread Spectrum, Hopping, en français, étalement de spectre par saut de fréquence ou étalement de spectre par évaison de fréquence), consistant à découper la bande de fréquence (2.402 - 2.480 GHz) en 79 canaux (appelés hots ou sauts) d'une largeur de 1MHz, puis de transmettre en utilisant une combinaison de canaux connue des stations de la cellule.

Le saut en fréquence, permet de rendre une liaison beaucoup moins sensible aux perturbations, et fonctionne de la façon suivante pour le Bluetooth :

- L'information est transmise sur une fréquence pendant un time-slot de 625µs, puis l'émetteur passe sur la fréquence suivante.
- Ainsi, en changeant de canal jusqu'à 1600 fois par seconde (Les sauts en fréquence ($1/625\mu s = 1600$ sauts par seconde) le standard Bluetooth permet d'éviter les interférences avec les signaux d'autres modules radio.
- Ils sont donc aussi connus par le récepteur qui change de fréquence de manière synchrone avec l'émetteur pour récupérer le signal transmis.
- Chaque réseau piconet utilise une succession de fréquences différentes, et la probabilité pour que deux piconets se retrouvent sur la même fréquence reste faible (collision).

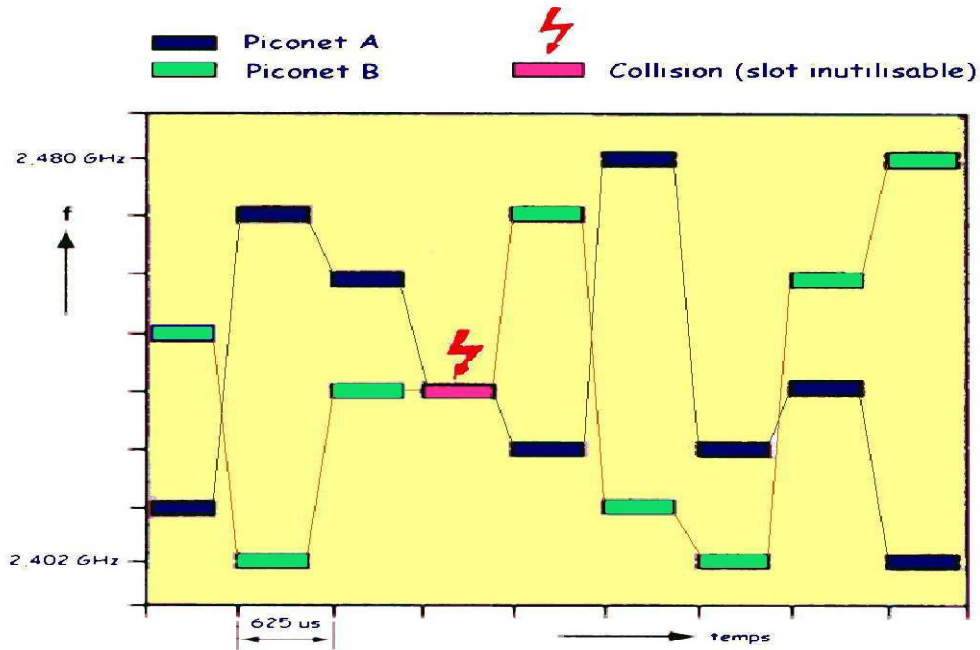


Figure III.7 : Les sauts de fréquence.

III.6.2. Création d'une connexion entre Bluetooth :

Une connexion Bluetooth se fait toujours dans un mode maître/esclave.

Au début du processus, le maître M doit se trouver dans le sous état " **Inquiry** " et l'esclave E dans l'état " **Inquiry scan** " :

1. Etant dans l'état "Inquiry", M envoie un signal pour prévenir E qu'il souhaite initialiser une connexion. E se trouve alors dans l'état "inquiry scan".
2. Si E se trouve à portée et qu'il est dans l'état " Inquiry scan ", il passe alors dans le sous état " Inquiry response " puis répond effectivement au maître. La réponse de E comporte entre autre son adresse ainsi que des informations sur son horloge.
3. Une fois que E a envoyé sa réponse, il passe dans l'état " **Page Scan** ". Il se met ensuite en attente d'un message comportant sa propre adresse sur un des 80 canaux existants. Lorsque M reçoit le message réponse de E, celui-ci passe dans l'état " **page** ". C'est à dire que M stocke les informations reçus (pagination). Ces informations permettent à M d'avoir conscience de la présence de E. Lorsque M souhaite poursuivre le processus de connexion, celui-ci renvoie un message réponse en y plaçant l'adresse de E. Ce message est renvoyé plusieurs fois sur tous les canaux.
4. Lorsque E voit une réponse à son nom arriver, il se place dans le sous état

"Slave response" puis renvoie un message - réponse à M en y joignant son code d'accès.

5. De son côté, M une fois ce code d'accès récupéré, se place alors dans un état "**Master response**" et renvoie un paquet de type FHS à E. Ce paquet de type FHS (Frequency Hopping Synchronisation) permet à E de se synchroniser avec le M.

6. Une fois ce dernier message envoyé, M passe dans l'état "**connecté**". De même, lorsque E reçoit ce message il passe aussi dans l'état "**connecté**".

Ici l'état "**connecté**" n'est pas un sous état. Pour vérifier que la connexion s'est bien passée, le maître envoie un paquet et attend en retour n'importe quel type de paquet. Si une connexion s'est effectivement bien passée, l'esclave est synchronisé avec son maître et se trouve sur le bon canal de communication. La figure (III.8) reprend ces différentes étapes de la liaison Bluetooth.

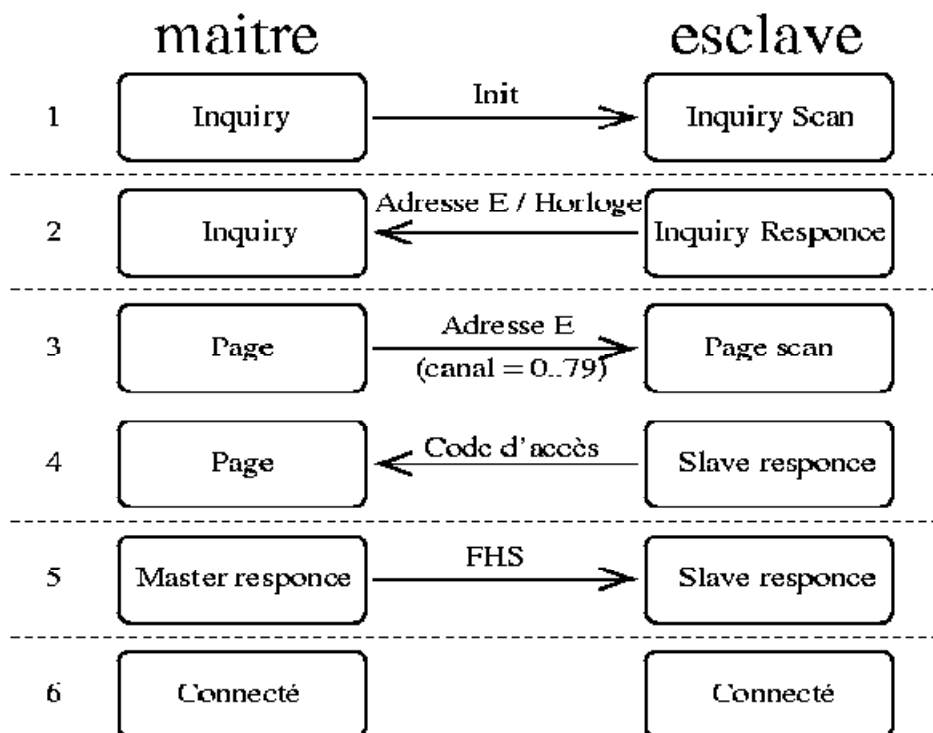


Figure III.8 : Création d'une connexion Bluetooth entre deux appareils (Maître, Esclave).

III.7. Le format du paquet de données :

Un paquet transmis a une structure constituée de 3 champs : le code d'accès, l'en-tête et les données proprement dites.

LSB 72 bits	54 bits	longueur variable de 0 à 2745 bits MSB
Code d'accès	En-tête	données

Format d'un paquet.

- **Code d'accès** : chaque paquet débute par un code d'accès utilisé pour la synchronisation des esclaves et l'identification du canal.

Le code d'accès de canal ou CAC (Chanel Access Code) est propre à un piconet. Tous les paquets échangés dans un piconet débutent donc par le même code d'accès de canal.

-Le code d'accès de composant ou DAC (Device Access Code) est utilisé pour des applications de signalisation comme le paging.

-Le code d'accès de recherche ou IAC (Inquiry Access Code) est utilisé lorsque le maître recherche d'autres équipements Bluetooth du piconet.

- **En-tête** : ce champ contient dans l'ordre l'adresse de l'esclave qui échange des données, le type de paquet et des bits de contrôle (erreurs, buffer de réception ...)

-Les adresses des esclaves (7 au maximum) sont codées sur 3 bits et sont affectées temporairement aux esclaves actifs, les autres étant en mode « parked » ou inactif.

-On distingue 16 types de paquets différents (type codé sur 4 bits) selon qu'il s'agit d'une liaison SCO ou ACL et que le paquet occupe 1 ou plusieurs time-slots.

III.8. La portée d'une liaison Bluetooth :

Bien qu'il soit très difficile de prévoir la portée exacte d'une liaison RF à l'intérieur d'un local, on peut quand même, à l'aide de quelques règles simples, estimer la portée d'une liaison RF à 2,45 GHz.

Les paramètres qui influent la portée de la liaison sont multiples :

- **La puissance émise et le gain de l'antenne d'émission :**

La puissance est un paramètre essentiel, et un dispositif d'adaptation de la puissance émise permet d'optimiser la liaison et de maintenir le taux d'erreur à un niveau suffisamment bas. Une antenne de bonne qualité permet d'augmenter la portée, mais est difficile à installer à l'intérieur d'un portable.

- **L'environnement :**

L'onde électromagnétique doit contourner ou traverser plusieurs obstacles (corps humain, cloisons ...) avant d'arriver sur le récepteur. Ces obstacles absorberont une partie de l'énergie émise et la transformeront en chaleur, ce qui diminuera d'autant la portée du système. L'onde peut aussi être diffractée par un obstacle conducteur et renvoyée dans toutes les directions.

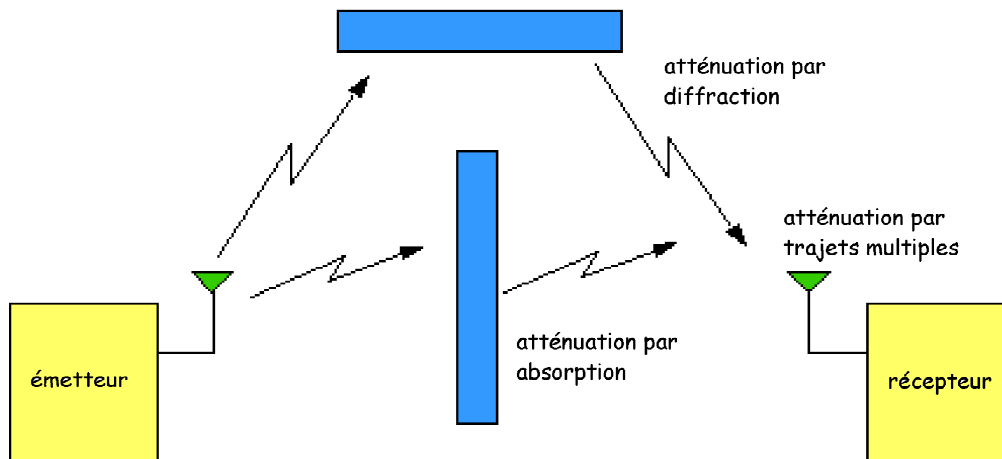


Figure III.9: Les différentes causes d'atténuation du signal.

L'arrivée sur l'antenne du récepteur d'ondes ayant suivi des trajets différents peut aussi conduire à des variations de niveau du signal reçu (interférences constructives ou destructives).

Une règle empirique simple permet de prévoir, approximativement, la portée d'une liaison Bluetooth en l'absence d'obstacles :

- Atténuation de 50 dB pour les 6 premiers mètres.
- Atténuation de 10 dB par tranche de 10 mètres supplémentaire.

III.9. Avantages et inconvénients de l'utilisation de Bluetooth :**III.9.1. Les avantages :**

- **La liberté du sans fil :**

Le principal objectif du Bluetooth est bien évidemment une utilisation sans fil, augmentant de manière générale, le confort d'utilisation des appareils connectés

- **Pas de contact visuel obligatoire entre les appareils :**

Grand avantage d'utiliser les ondes radio, les appareils ne sont pas obligatoirement en contact visuel, contrairement à la technologie infrarouge

- **Dérivé de l'USB :**

Comme cette technologie est une amélioration de l'USB, elle possède aussi les avantages de cette dernière. Les branchements peuvent se faire l'ordinateur allumé et l'installation se fait automatiquement quand le pilote est reconnu par le système d'exploitation.

- **Le coût :**

Bluetooth utilise une norme radio qui deviendra un standard international. Son marché potentiel est donc énorme ce qui devrait contribuer à faire chuter les coûts de fabrication des composants. L'utilisateur final ne paiera pas de surcoût sur les appareils équipés de Bluetooth.

- **Faible consommation d'énergie** (possibilité d'implantation dans des équipements de petite taille).

III.9.2. Les inconvénients :

- **La sécurité**

En effet, les données circulant par le réseau hertzien, il apparaît théoriquement plus facile de les intercepter que lorsqu'elles circulent dans un câble. Cela pourrait cependant s'avérer être un atout plus tard puisque les trames sont alors plus cryptées avec les protocoles sans fil.

- **Les collisions sur le canal hertzien**

La technologie Bluetooth utilise la même fréquence que les ondes radio et que le Wifi (2.4GHz). Les possibilités de collisions ne sont donc pas négligeables.

- **La portée**

Le Bluetooth est moins puissant que le WIFI et sa portée est donc moindre.

Elle peut aller jusque 100m mais cette distance diminue suivant le nombre d'obstacles rencontrés.

- **L'utilisation pour les réseaux**

Malgré l'existence de réseaux Bluetooth (piconet et scatternet), cette technologie n'est pas adaptée à cet usage, contrairement au WIFI du fait de sa faible portée et de son faible débit.

Conclusion

Le système Bluetooth permet donc une liaison sans fil à courte distance, ce qui convient parfaitement à notre application. L'intégration, aujourd'hui, d'émetteurs et récepteurs Bluetooth dans les PC et autres appareils d'usage courant en fait un outil simple à utiliser et très répandu.

Nous allons, dans ce qui suit, utiliser ce système dans le cadre de l'audiométrie.



Chapitre IV
Application à
l'audiométrie

Introduction :

Le but de ce chapitre est d'effectuer des tests d'audiométrie en utilisant le Bluetooth comme support de transmission et de réception. Nous avons choisi d'utiliser l'interface graphique de MATLAB pour faire varier les deux paramètres amplitude et fréquence du signal sonore test vu que c'est un outil adapté à ce genre d'applications, c'est-à-dire définir des objets de manipulation pour l'application comme les boutons pour démarrer ou arrêter, et choisir l'amplitude et la fréquence du signal sonore à transmettre. Cette interface nous permet aussi de noter les résultats des tests et de tracer l'audiogramme tonal. Nous devons, pour cela, commencer par générer les signaux tests à utiliser.

IV.1. Principe de la mesure :

Dans le cas de l'application de l'audiométrie tonale, nous utilisons des signaux tests constitués de sinusoïdes pures à des fréquences et des amplitudes variables.

Deux types de tests seront effectués.

Le premier consiste à faire parvenir à l'oreille du patient un signal de fréquence variable tout au long de la durée de test. Cette mesure permet de déterminer, pour chaque intensité du signal, l'ordre de grandeur de la bande de fréquence audible du patient.

Le second test consiste à transmettre des signaux de fréquences fixes au voisinage des limites de la bande audible du patient afin de déterminer, de façon plus précise, cette dernière.

IV.2. Génération des signaux tests :

Nous devons, à ce niveau, générer les signaux tests nécessaires, qui sont de deux types :

IV.2.1. Signaux de fréquence variable :

Pour une amplitude A_1 fixée, le signal est constitué de tranches de 0.5 seconde dans laquelle la fréquence est fixe. Cette fréquence varie alors d'une tranche à l'autre.

Nous devons ensuite générer le même signal avec d'autres amplitudes (A_2, A_3, \dots).

Le signal obtenu se présente alors sous la forme suivante :

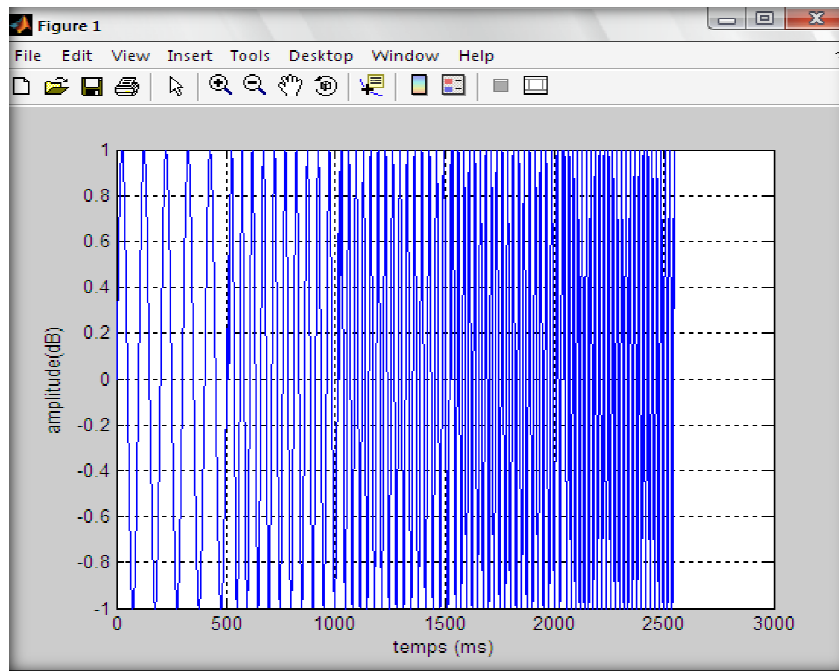


Figure IV.1 : Signal d'amplitude $A_1 = 1\text{dB}$ et de fréquence variable de 1000Hz à 5000Hz

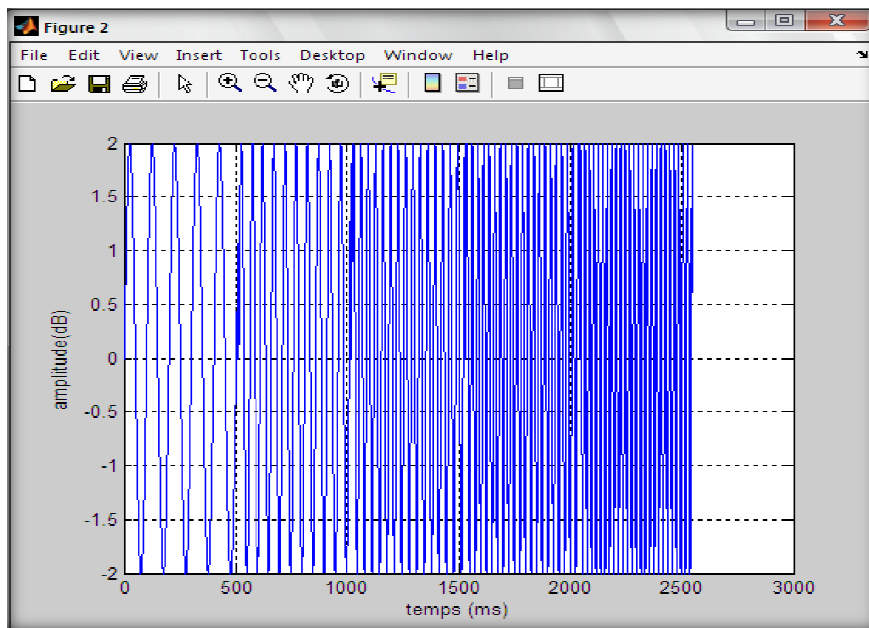


Figure IV.2 : Signal d'amplitude $A_1 = 2\text{dB}$ et de fréquence variable de 1000Hz à 5000Hz

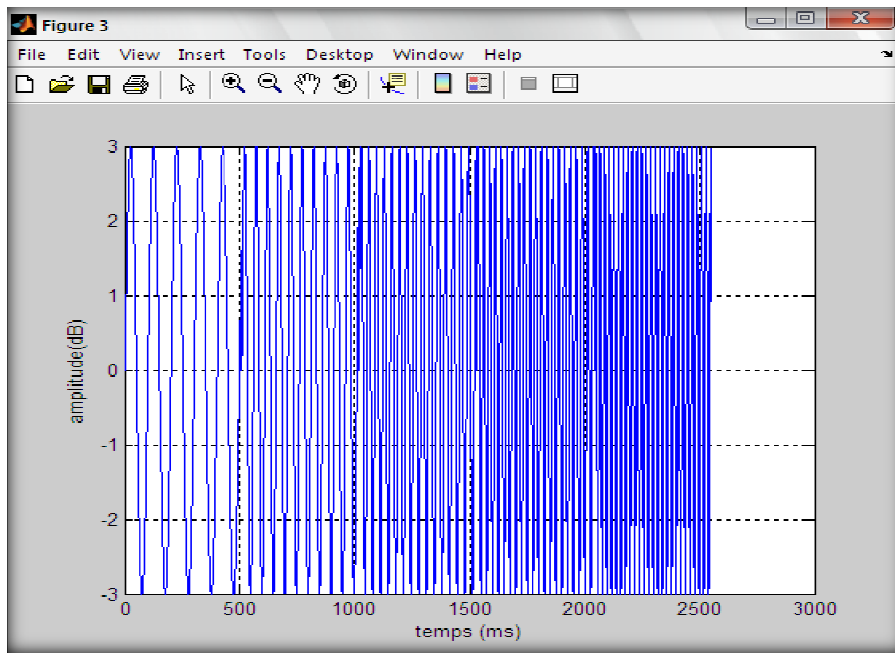


Figure IV.3 : Signal d'amplitude $A_1 = 3\text{dB}$ et de fréquence variable de 1000Hz à 5000Hz

IV.2.2. Signaux de fréquences fixes :

Pour une amplitude A_1 fixée, on génère plusieurs signaux comportant, chacun, une fréquence fixe. Les signaux obtenus se présentent sous la forme suivante :

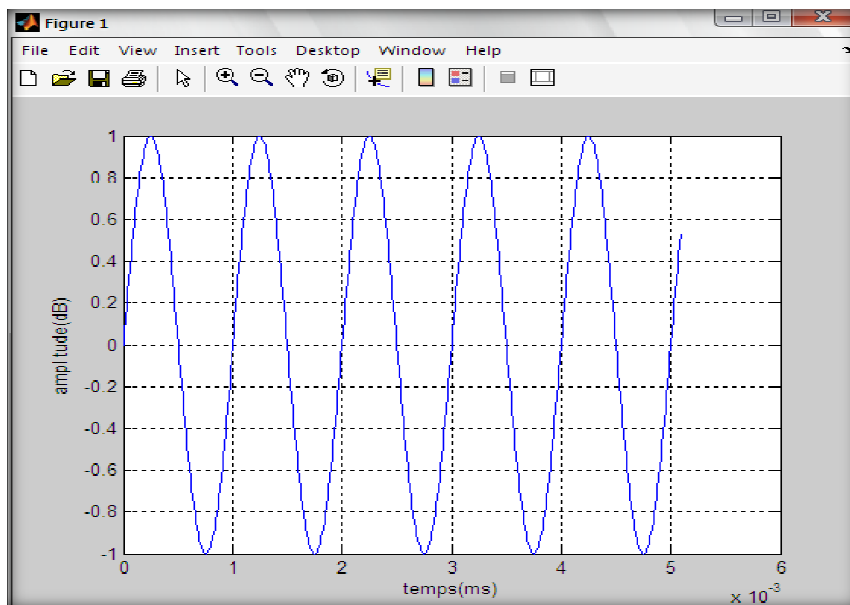


Figure IV.4 : Signal d'amplitude $A_1 = 1\text{dB}$ et de fréquence 1000 Hz

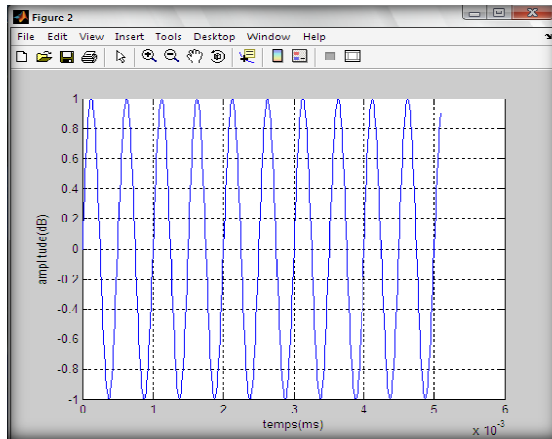


Figure I V.5: Signal d'amplitude $A_1=1\text{dB}$ et de fréquence 2000 Hz

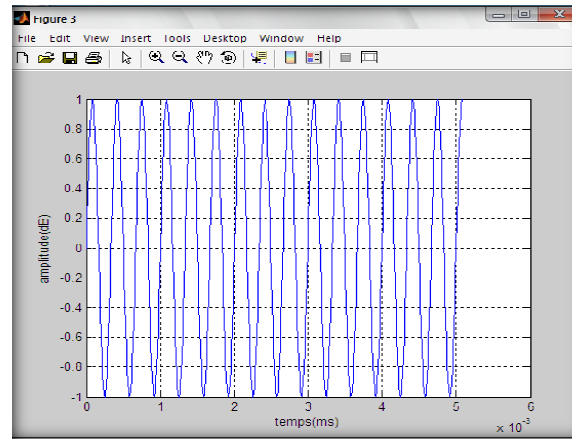


Figure IV.6 : Signal d'amplitude $A_1=1\text{dB}$ et de fréquence 3000 Hz

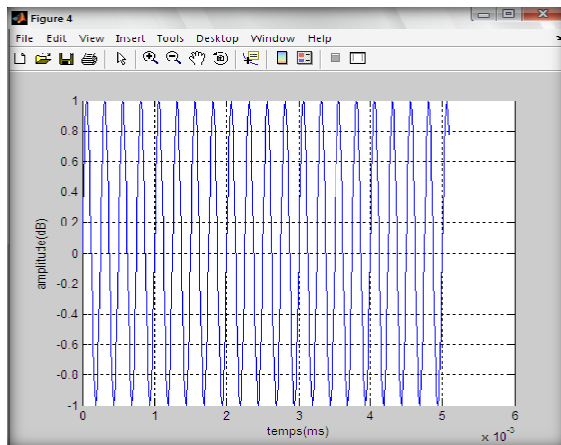


Figure IV.7 : Signal d'amplitude $A_1=1\text{dB}$ et de fréquence 4000 Hz

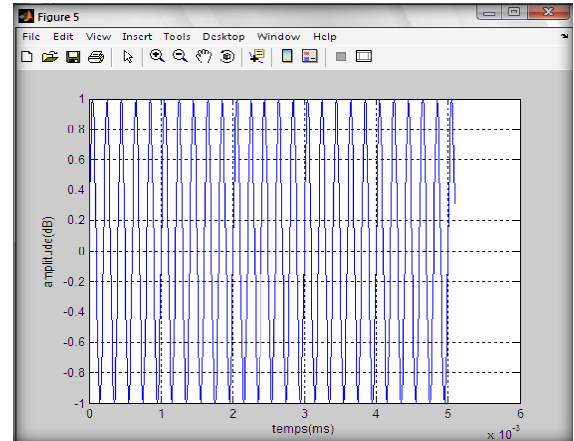


Figure IV.8 : Signal d'amplitude $A_1=1\text{dB}$ et de fréquence 5000 Hz

IV.3. Conversion des signaux test en signaux audibles (son) :

Pour écouter les signaux précédents on ajoute, dans le programme qui génère ces signaux, la commande « Sound ». Après l'application de cette commande ,on arrive à écouter l'effet de variation des deux paramètres :

- A chaque fois qu'on augmente l'amplitude, le son devient de plus en plus intense (le volume augmente)
- A chaque fois qu'on augmente la fréquence, le son devient de plus en plus aigu.

On résume l'ensemble du test en deux organigrammes :

Premier organigramme :

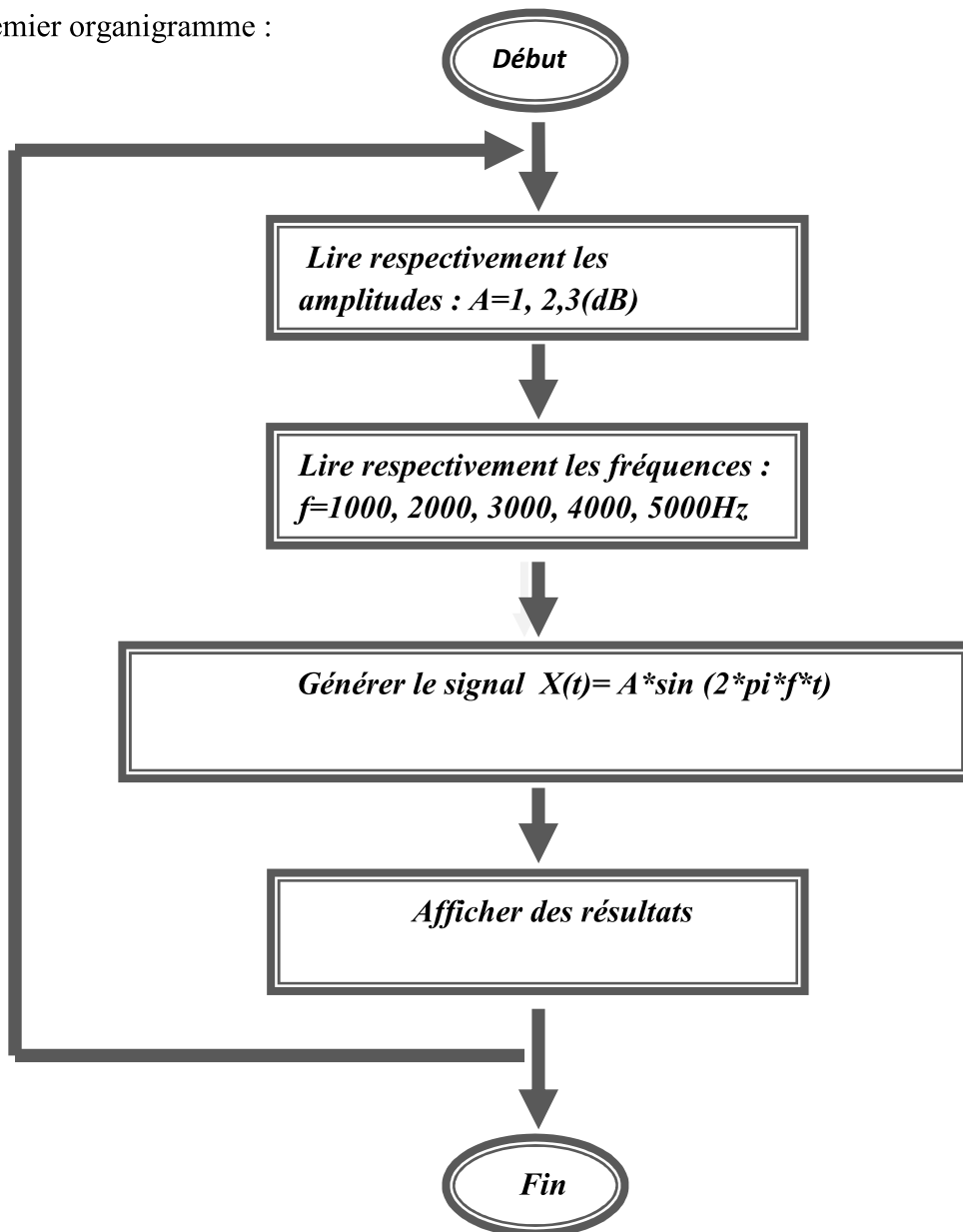


Figure IV. 9 : Organigramme fonctionnel du test

L'organigramme de la figure IV.9 permet de générer un signal sinusoïdal. Dans le premier lieu on fixe amplitude, et on fait varier la fréquence (1000Hz à 5000Hz) selon les trames de 0.5 s, puis on affiche les figures, dans le deuxième lieu, on fixe l'amplitude et on génère cinq signaux comportent chacun une fréquence fixe, puis on affiche les résultats (figures).

IV.4. Transmissions des signaux de fréquence et d'amplitude fixes via Bluetooth :

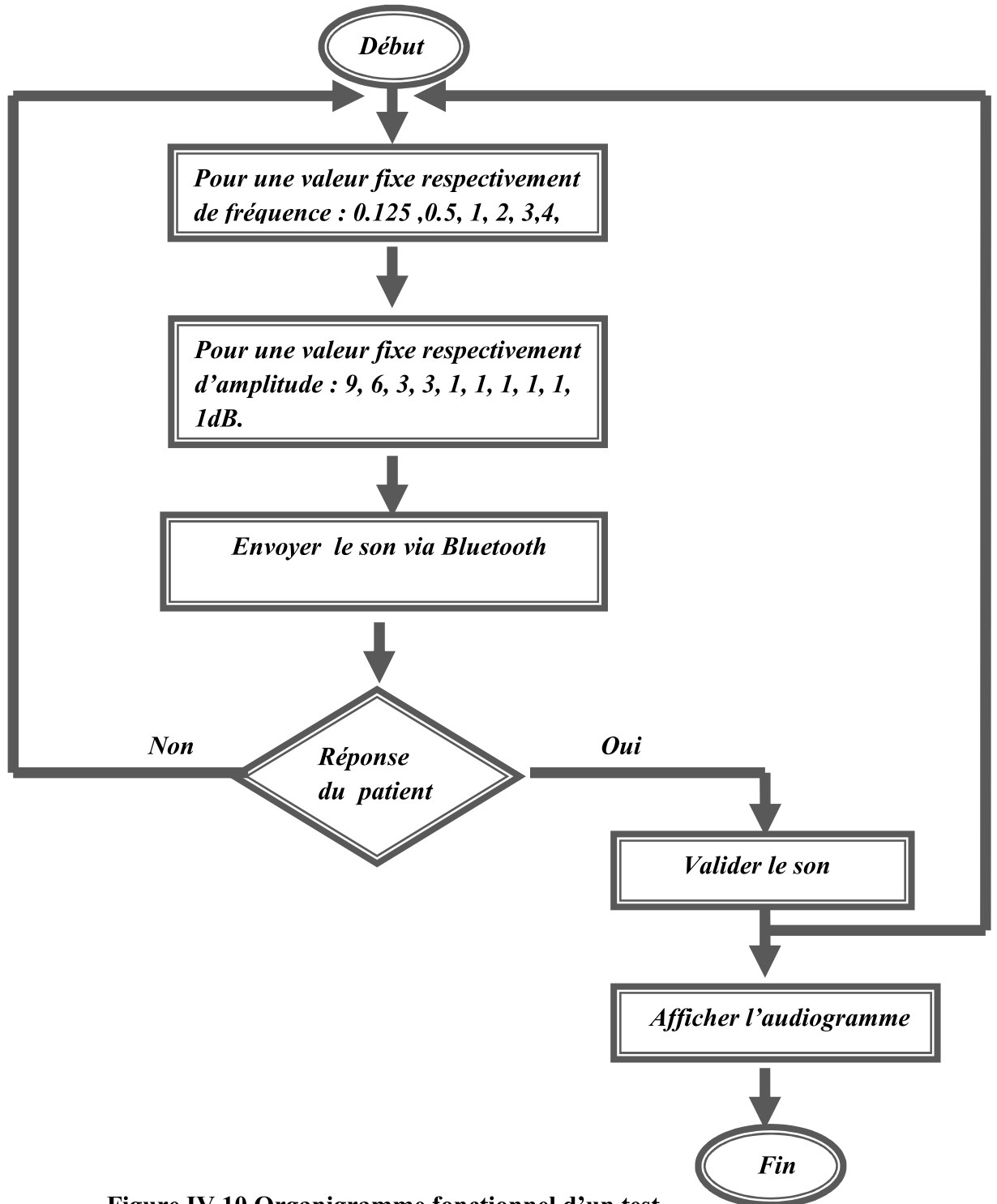


Figure IV.10. Organigramme fonctionnel d'un test

D'après l'organigramme de la figure IV.10, pour une fréquence et une amplitude fixe, on transmet, via Bluetooth, le son du PC émetteur (médecin) vers le casque récepteur (patient) on refait l'opération en faisant varier l'amplitude de signal jusqu'au moment où le patient perçoit un son. On note alors, via l'interface graphique, cette amplitude, puis on répétera l'opération en choisissant une autre valeur de fréquence.

Nous pouvons, ainsi, tracer l'audiogramme du patient qui va s'afficher sur l'écran de notre interface.

IV.5. L'interface graphique :

Notre application nécessite l'utilisation d'une interface graphique qui est un outil très performant pour notre travail, dans la mesure où il nous permet, grâce à des objets graphiques, (boutons, menus, zones des textes, ...) d'interagir avec un programme, de cliquer directement sur des images, des graphes, ou des objets pour modifier la valeur d'une variable, déclencher des fonctions ou simplement faire apparaître des informations .

L'interface conçue est représentée dans la figure (IV.11) et comporte :

- 15 boutons d'amplitudes différentes
- 15 boutons de fréquences différentes
- Un menu composé de : Quatre boutons poussoirs :
 - Bouton pour transmettre le son : Il nous permet d'envoyer le signal d'amplitude et de fréquence choisit.
 - Bouton pour valider le son : nous permet de valider les valeurs d'amplitude et de fréquence audibles qui seront ensuite représentées dans un audiogramme.
 - Bouton pour afficher l'audiogramme : il convertit les fréquences et les amplitudes validées en audiogramme tonal.
- Bouton réinitialiser : permet de réinitialiser le test.

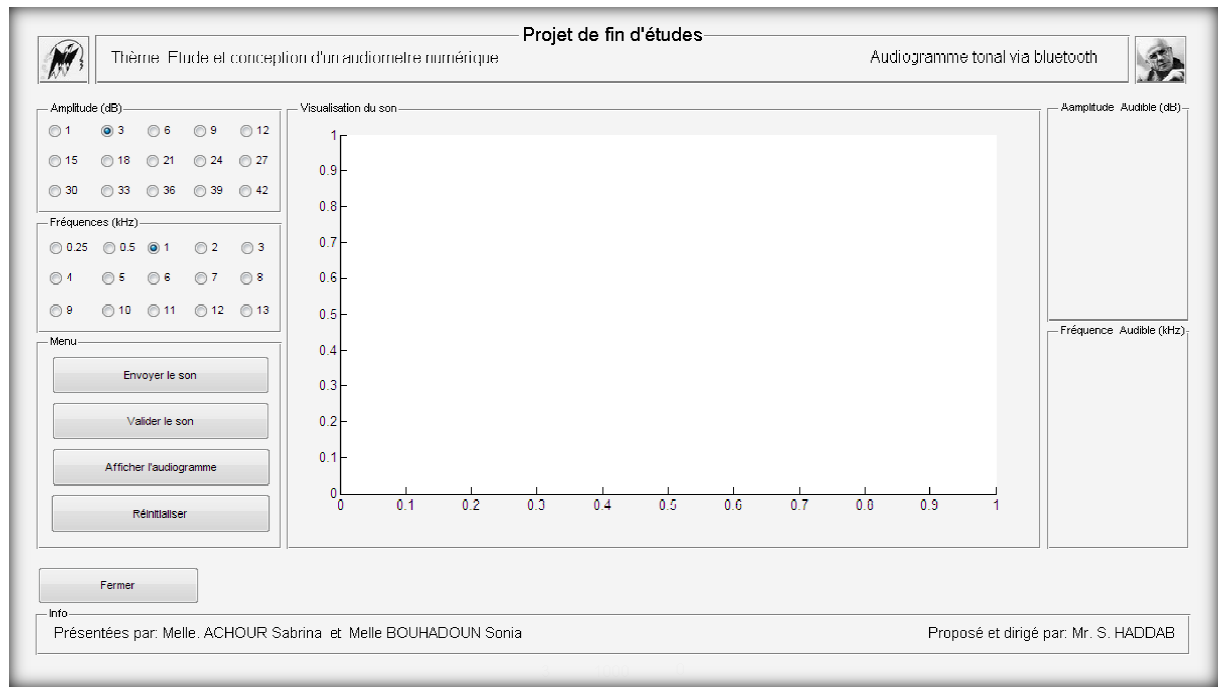


Figure IV.11 : Interface graphique représentant l'environnement du travail.

Le principe de mesure, consiste donc à sélectionner une fréquence déterminée puis à faire varier l'amplitude dans le but de rendre le signal audible puis à envoyer le signal.

Dés qu'on reçoit une réponse positive du patient on valide l'amplitude et la fréquence correspondantes au signal audible. Comme la montre la figure (IV.12).

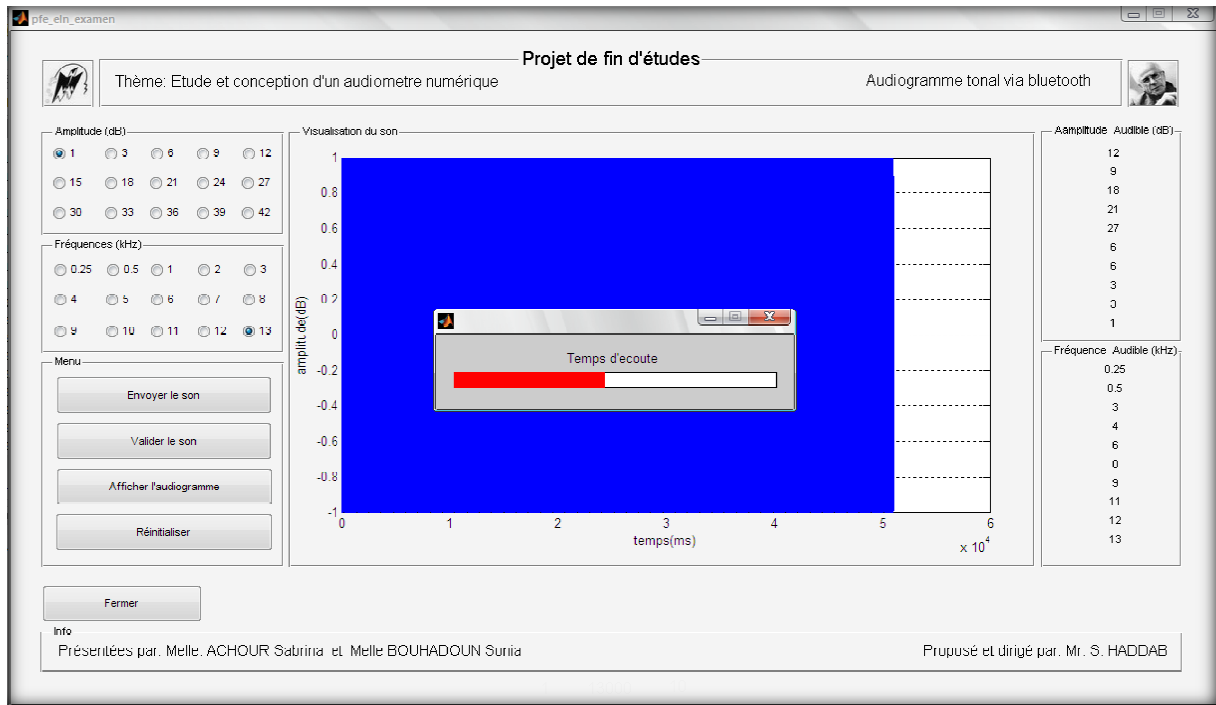


Figure IV.12 : Interface graphique représentant les fréquences et amplitudes audibles validées (colonnes de droite).

Après la validation des amplitudes et fréquences audibles, ces derniers sont convertis en audiogramme tonal, représenté sur la figure (IV.13) :

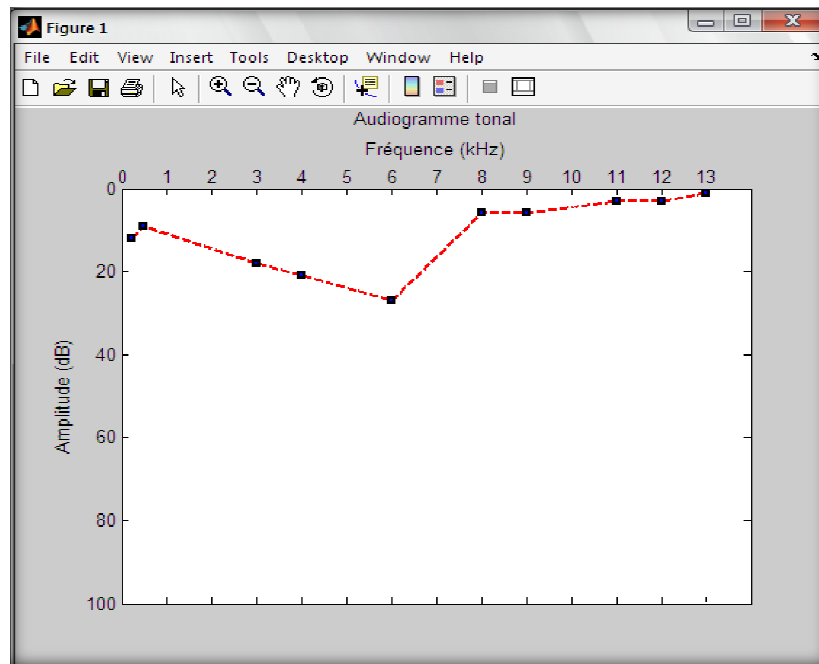


Figure IV.13 : Audiogramme tonal.

Dans ce graphe, le tracé représente le seuil d'audibilité d'une personne sur laquelle on a effectué le test.

Le seuil d'audibilité d'une personne avec une audition normale est de 0dB, et l'écart par rapport à cette valeur représente la perte d'audition.

Les résultats représentés sur la figure(IV.13), indiquent que cette personne présente une perte auditif de 12dB à 0.125KHz, de 9dB à 0.5KHz (son grave), de 27dB à 6KHz, et à partir de cette valeur on remarque une augmentation de seuil d'audibilité, tel que, à 8KHz présente une perte auditif de 6dB, reste stable jusqu'à 9KHz, au-delà, le seuil d'audibilité se rapproche de l'audition normale (0dB).

- **Perspective:** On peut réaliser la même expérience sauf que dans ce cas on va utiliser deux pc, un pc remplaçant le casque Bluetooth, et on va effectuer de légères modifications sur le programme du signal sonore à transmettre.

Conclusion :

On peut constater après l'application des tests d'audiométrie par Bluetooth, qu'on est arrivé à quelques améliorations sur la méthode d'application d'audiométrie par Bluetooth vu qu'elle nous a permis d'éviter la liaison par câble.



Conclusion générale

Conclusion générale

Nous voudrions conclure notre travail par une petite note sur ce que nous avons acquis de ce projet et quelles pourraient en être les perspectives possibles.

Tout au long de ce projet, nous avons acquis une expérience dans plusieurs domaines et nous avons réussi à découvrir une technologie avancée le Bluetooth.

L'audiométrie fait partie de domaine de la médecine qui joue un rôle très important dans le cas des déficiences auditives. Nous aurons, aussi, étudier cette technique et proposé une mesure à distance via Bluetooth.

Un aspect important était ainsi le savoir-faire pour la réalisation d'une application Emission-Réception d'un signal sonore via Bluetooth.

Bien que nous ayons utilisé la technologie Bluetooth comme support sans fil, on peut utiliser d'autre technologie sans fil de télécommunication comme le WIFI qui possède une portée à longue distance.

Enfin nous espérons que ce travail sera l'objet d'un complément d'étude et qu'il inspirera ceux qui reprendront ce travail avec un développement plus large comme l'utilisation d'autre technologie sans fil.

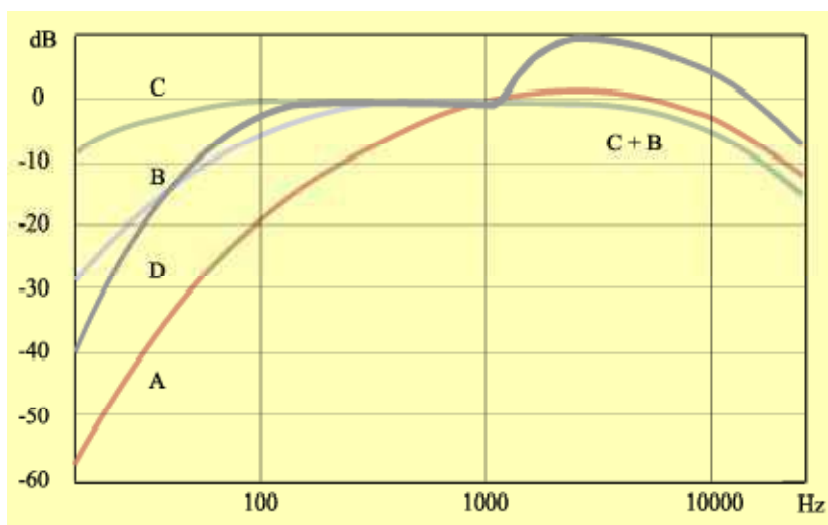


Annexe

Annexe

Annexe I : Les courbes de pondérations :

Ce sont les courbes A, B, C, et D, basées sur les courbes isotoniques, elles sont tracées en fonction des fréquences et des amplitudes.



Représentation des quatre systèmes de pondération.

- **La courbe A** : (Correspondant à la courbe de **40 phones** du diagramme de Fletcher) est utilisée pour mesurer des niveaux de bruit compris entre **0** et **55db**.
- **La courbe B** : (Correspondant à la courbe de **70 phones** du diagramme de Fletcher) est utilisée pour mesurer des niveaux de bruit compris entre **55** et **85db**.
- **La courbe C** : (Correspondant à **100 phones** du diagramme de Fletcher) est utilisée pour évaluer les niveaux de bruits compris entre **85** et **130db**.

Les mesures effectuées par ces filtres sont exprimées en **dB(A)**, **dB(B)**, **dB(C)**, **dB(D)**. Le **dB(A)** est le plus couramment utilisé pour les mesures de bruit dans l'environnement et en milieu industriel. Il offre en générale une bonne corrélation entre le phénomène physique qui est le bruit et la sensation ressentie par une personne.

- **Exemple** : pour l'évaluation du bruit de survol d'un avion on utilise une **pondération D** au lieu d'une **pondération A** en raison de la nature particulière de ce type de bruit.

Annexe II: **Audiométrie vocale** :

Elle place l'exploration de la voie auditive dans des conditions de fonctionnement social. Le trouble auditif relaté par le patient n'est en effet pas toujours concordant avec le résultat de l'audiométrie tonale. Celle-ci teste des sons purs, alors que nous communiquons avec des mots. L'audiométrie vocale teste l'intelligibilité de la parole.

En pratique on utilise des listes de mots qui ne prêtent à aucune équivoque fâcheuse avec un autre mot, qui sont de prononciation fixe et qui sont du vocabulaire courant.

Liste de mots dissyllabiques :

a)	bouchon	le râteau	le souci	le congé	le grillon
le	souper	donjon	tripot	mouton	terrain
	rondin	sergent	balai	roseau	soulier
	grumeau	crémier	vallon	frelon	gazon
	rebut	niveau	saindoux	lapin	faisceau
	glaçon	refrain	brigand	traité	billet
	réchaud	veston	rouleau	caillot	rabais
	coffret	forban	défi	radis	plateau
	gamin	bûcher	bambin	bâton	cordons
	clavier	cachet	secret	ruban	ticket

b) le	pigeon	le repas	le dentier	le nougat	le poussin
	carnet	complot	boulon	devis	chevreau
	noyau	savon	hameau	baquet	forfait
	jardin	curé	conflit	débris	mari
	portrait	sanglot	bonnet	guichet	bosquet
	blason	poulet	fusil	bijou	garçon
	salut	chaînon	rayon	cahier	sifflet
	délai	sachet	bandeau	goujon	boîtier
	sabot	remous	relais	dessin	cabot
	jumeau	coquin	canon	coteau	taudis

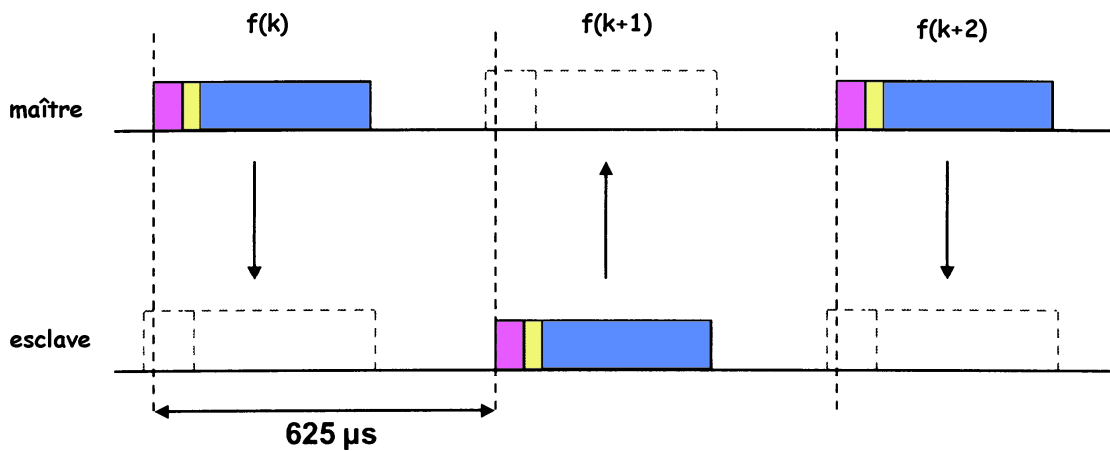
c) le	parfum	le rideau	le turbot	le cheveu	le carton
	cachet	tampon	hoquet	citron	pruneau
	ravin	boudin	plastron	rocher	regret
	dragon	vacher	raisin	caveau	dément
	lilas	débit	croyant	soldat	répit
	récit	marteau	fouillé	muguet	colon
	couvent	cadran	taquin	bouton	respect
	galon	requin	morceau	verrier	bilan
	courrier	goudron	normand	fourneau	dépôt
	crapaud	clocher	poisson	bassin	rachat

Annexe III : Les modes d'émission Bluetooth :

1. Le mode synchrone (SCO):

Synchronous Connection-Oriented dans ce mode on a une liaison symétrique point à point entre un maître et un seul esclave. Pour ce type de mode, des slots à intervalles réguliers sont réservés pour la transmission. Il n'y a pas de retransmission possible dans ce mode.

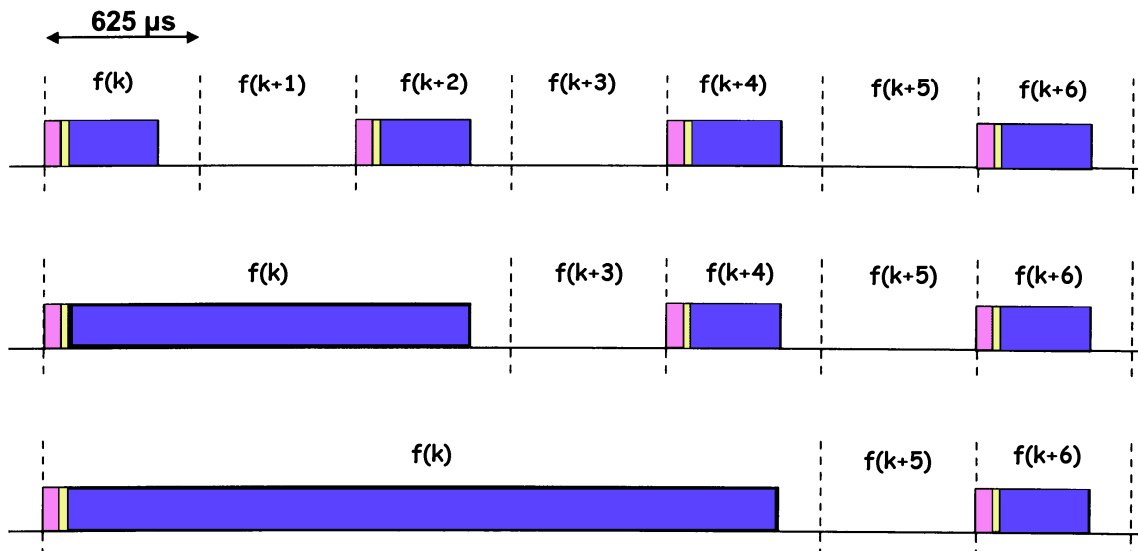
Ce mode est utilisé pour la transmission de données de type vocale.



Chronogramme d'une communication de type synchrone.

2. Le mode asynchrone (ASL) :

Asynchronous Connection-Less dans ce mode on a une liaison point à multipoint entre un maître et plusieurs esclaves. Il n'y a pas de slots réservés, une demande ou une réponse peut donc prendre plusieurs slots. La réponse à une demande doit se faire obligatoirement dans le slot suivant. On l'utilise principalement pour la transmission de données. La retransmission est possible.



Chronogramme d'une communication de type asynchrone.

Annexe IV : Principe de fonctionnement de l'implant cochléaire

1. L'implant cochléaire :

Les progrès récents de la neurophysiologie et de l'électronique ont permis d'élaborer des appareillages capables de court-circuiter des éléments sensoriels défectueux, et c'est ainsi que les surdités sensorielles bilatérales et profondes peuvent être corrigées par un implant cochléaire qui restitue une perception auditive utile. Il s'agit de suppléer ici à la défaillance fonctionnelle de la cochlée, organe sensoriel de l'audition, en stimulant le nerf auditif.



Schéma d'implant cochléaire.

2. Principe de fonctionnement de l'implant :

Il va se substituer à la cochlée, c'est à dire qu'il va transformer le signal sonore en un signal électrique qui sera directement transmis aux fibres du nerf auditif.

Pour cela, le son capté par un microphone sera d'abord codé par un système électronique en un signal électrique qui est modulé afin de constituer une information.

Le processeur vocal appliqué sur la peau au niveau de l'oreille du patient transmet (par induction) les impulsions électriques à un récepteur électronique implanté sous la peau. De là, les signaux vont être acheminés vers une électrode (implant mono-électrode) ou plusieurs électrodes (implant multi-électrodes) qui stimuleront le nerf auditif.

La ou les électrodes peuvent être :

- soit dans la cochlée, au voisinage des fibres nerveuses implant intra-cochléaire.
- soit dans l'oreille moyenne implant extra-cochléaire.

3. Les différents types d'appareils auditifs :

Le boîtier permet de différencier deux groupes principaux d'appareils : les appareils contour d'oreille, appelés aussi rétro-auriculaires, placés derrière l'oreille et les appareils intra-auriculaires, placés dans l'oreille. Ces deux types d'appareils représentent plus de 98% des ventes en Suisse. Il existe encore les appareils boîtiers et les appareils montés sur lunettes. Chaque modèle d'appareil auditif a ses avantages et ses inconvénients qui doivent être bien discutés avant de choisir un modèle.

- **Les appareils contour d'oreille :**

Sont les plus prescrits. A part le boîtier standard placé derrière l'oreille, ils possèdent un embout sur mesure à mettre dans le conduit auditif.



Appareils contour d'oreille.

Ils ont les avantages suivants :

Une taille suffisante permettant l'utilisation des meilleurs systèmes électroniques et des dernières nouveautés, la possibilité d'utiliser un embout dit ouvert, c'est-à-dire qui ne bouche pas le conduit auditif (surtout pour les surdités dans les hautes fréquences). Le contour d'oreille permet aussi l'usage d'un microphone directionnel, mieux adapté lors de conversations en groupes par exemple. En outre sa polyvalence lui permet de corriger pratiquement toutes les surdités de légères à profondes.

Les inconvénients sont moindres par rapport aux autres systèmes, si ce

n'est l'esthétique et les résonances acoustiques possibles dans le tube plastique reliant le boîtier à l'embout.

- **Les appareils intra-auriculaires :**

Ont un boîtier fait sur mesure pour chaque oreille. Il en existe différentes tailles en fonction de leur position dans le conduit auditif externe. Ils représentent la meilleure solution d'un point de vue acoustique car ils sont placés dans l'oreille (utilisation des propriétés de focalisation du son par la forme du pavillon). Discrets, ils sont plus facilement acceptés que les appareils contour d'oreille.



Appareils intra-auriculaires.

Néanmoins, ils présentent de nombreux inconvénient :

Ils sont moins performants en raison de leur petite taille, les manipulations sont plus difficiles et ils obstruent souvent le conduit provoquant des problèmes acoustiques particulièrement gênants de résonance dans le conduit (phénomène d'occlusion). Ils sont surtout indiqués pour les surdités légères à moyennes qui ne nécessitent pas un conduit auditif externe ouvert.

De nouveaux types de boîtiers apparaissent sur le marché comme l'**intra-conque**, qui se place dans la partie supérieure de la conque. Il est relié au conduit auditif par un embout le plus souvent ouvert. Pour le moment, ils ne sont indiqués que pour les surdités légères à moyennes.



Bibliographie

Bibliographie

[1] **BEDOUHEN MOULOUD, TABANI KARIM** : « les méthodes de débruitage du signal de parole ».Thèse d'ingénieur en électronique UMMTO 2008.

[2] **LOTMANI SMAIL, MEKDOUD KARIM** : « Conception et réalisation d'un système de télésurveillance du rythme cardiaque communiquant par voie hertzienne ».Thèse d'ingénieur en électronique UMMTO 2009/2010.

[3] **MERCIER, DENIS** : « Le livre des technique du son : notions fondamentales : Tome 1, 2^{ème} édition.rev.corr.» Eyrollers, 1990.

[4] **MERCIER, DENIS** : « Le livre des technique du son : la technologie : Tome 2, 2^{ème} édition ». Paris. Dunod, 1998.

[5] **MOKHTARI, M** : « Matlab 5.3 et 5.2 et simulink 2et3 pour étudiants et ingénieur ». Berlin : springer, 2000.

[6] **JEAN-THIERRY, LAPRESTE** : « Aide mémoire Matlab ».Paris Ellipses : Ed Marketing 2002.

[7] **SERHAL HASSAN** : « Détection de l'activité cardio-pulmonaire à distance et via l'internet ».Thèse d'ingénieur CNAM en électronique Université Libanaise Institut des Sciences Appliquées et Economiques2001.

[8] **PIERRE SIMON et DOMINIQUE ACKER** Conseillers généraux des établissements de santé Rapport « La place de la télémédecine dans l'organisation des soins » Novembre 2008.

Sites internet :

[9] http://users.swing.be/b_welding/tfe.htm

[10] [http://www.hesit.be/files/info/2/1211543976-Bluetooth_\(Rapport\).pdf](http://www.hesit.be/files/info/2/1211543976-Bluetooth_(Rapport).pdf)

[11] http://www.stielec.ac-aix-marseille.fr/cours/escolano/download/approche_telecom.pdf

[12] http://www.minidisc.org/French_tech/section1.html

[13] <http://french.hear-it.org/page.dsp?page=747>

- [14] http://anso.pagesperso-orange.fr/page_le_fonctionnement.htm
- [15] http://www.canal50.be/Dossiers/Entendre_et_comprendre/audition_audiometrie_tonale.php
- [16] <http://www.oreillemudry.ch/l%E2%80%99audiometrie/>
- [17] <http://www.audika.com/dyn/pages/19/tout-sur-l-oreille.jpg>
- [18] http://www.neuroreille.com/promenade/francais/cochlea/cocphys/f_propagation.jpg