



Master Informatique
Promotion 2015-2017

Localisation de robot

Rapport d'initiation à la recherche

Travail effectué en
mai 2016
sous la direction de
Dmitry Sokolov

Présenté par
Baptiste Lesquoy

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| 1 Le sujet | 4 |
| 1.1 Introduction | 4 |
| 1.2 Contraintes du sujet | 4 |
| 1.3 méthode de travail | 5 |
| 2 Analyse d'une étude précédente | 6 |
| 2.1 Résumé de l'étude | 6 |
| 2.2 Que peut-on en tirer? | 7 |
| 3 développement de la solution | 8 |
| 3.1 Mise en place du système | 8 |
| 3.2 Traitement du signal reçu | 8 |
| 3.2.1 nettoyage du signal | 9 |
| 3.2.2 reconnaissance du signal émis | 9 |
| 4 Implémentation du système | 10 |
| 5 Conclusion | 11 |
| Appendices | 12 |
| I Matériel | 12 |
| Annexe A Test du matériel | 13 |
| A.1 Objectif | 13 |
| A.2 Expérience | 13 |
| A.2.1 Configurations physique | 13 |
| A.2.2 Critères d'acceptation | 14 |
| A.2.3 Signal émis | 14 |
| A.2.4 Réception du signal | 14 |
| A.3 Résultats | 14 |

| | | |
|-----------------|---|-----------|
| A.3.1 | Entre les deux micros | 14 |
| A.3.2 | mousse de base des micros | 15 |
| A.3.3 | mousse isolante | 15 |
| A.3.4 | Orientation des micros | 16 |
| A.4 | Conclusion | 17 |
| Annexe B | Élaboration du protocole | 18 |
| B.1 | Objectif | 18 |
| B.2 | Expérience | 18 |
| B.2.1 | Critères d'acceptation | 18 |
| B.2.2 | Configurations | 18 |
| B.2.3 | Signal émis | 19 |
| B.2.4 | Réception du signal | 19 |
| B.3 | Résultats/conclusions | 20 |
| B.3.1 | Tout aligné | 20 |
| B.3.2 | Récepteurs côte à côte | 22 |
| Annexe C | Décalage de phase | 24 |
| C.1 | Objectif | 24 |
| C.2 | Expérience | 24 |
| C.2.1 | Critères d'acceptation | 24 |
| C.2.2 | Configurations | 24 |
| C.2.3 | Signal émis et réception | 25 |
| C.3 | Résultats/conclusions | 25 |
| C.3.1 | Vérification de l'efficacité de la mousse | 25 |
| C.3.2 | Changement d'orientation | 26 |
| C.3.3 | conclusion | 28 |
| Annexe D | Influence de l'environnement sur l'utilisation des cônes | 29 |
| D.1 | Objectif | 29 |
| D.2 | Expérience | 29 |
| D.2.1 | Critères d'acceptation | 29 |
| D.2.2 | Configurations physique | 30 |
| D.2.3 | environnement de test | 30 |
| D.2.4 | Signal émis | 30 |
| D.2.5 | Réception du signal | 30 |
| D.3 | Résultats | 31 |
| D.3.1 | Cône plus refermé | 31 |
| D.3.2 | Ajout d'un obstacle | 31 |
| D.4 | Conclusions | 31 |

| | |
|---|---------------|
| Annexe E Signal carré | 32 |
| E.1 Objectifs | 32 |
| E.2 Protocole | 32 |
| E.2.1 Protocole des tests | 32 |
| E.3 Résultats/conclusions | 36 |
| E.3.1 résultats | 36 |
| E.3.2 Conclusion | 38 |
| II Traitement du signal reçu | 39 |
| Annexe F Filtrage "par accumulation" | 40 |
| F.1 Objectif | 40 |
| F.2 Expérience | 40 |
| F.2.1 Critères d'acceptation | 40 |
| F.2.2 Configurations physique | 41 |
| F.2.3 environnement de test | 41 |
| F.2.4 Signal émis | 41 |
| F.2.5 Réception du signal | 41 |
| F.3 Résultats | 41 |
| F.4 conclusions | 41 |
| III Logiciels | 42 |
| Annexe G Audacity | 43 |

Chapitre 1

Le sujet

1.1 Introduction

La localisation est le fait de pouvoir déterminer précisément où se situe un objet ou une personne. Le but de ce projet est de créer une méthode fiable de localisation d'un robot à partir d'un signal sonore. Il ne s'agit donc pas de développer une solution pour un robot particulier, mais bien de déterminer une façon de procéder ainsi que le matériel nécessaire pour effectuer une localisation sonore. On voudra aussi étudier précisément les limites du système. De plus on aimerait que le système développé puisse être réellement utilisé, on a donc choisi la coupe de France de robotique comme cadre de référence.

1.2 Contraintes du sujet

Le sujet implique quelques contraintes

- le matériel nécessaire doit être accessible, on s'efforcera d'utiliser le plus possible les composants les moins coûteux.
- le robot est censé se déplacer, il faut donc qu'on puisse se localiser autant de fois qu'on le veut.
- l'environnement sera très bruyant et le bruit ne sera pas régulier (personnes qui parlent, marchent, courrent aux alentours).
- l'environnement dans lequel se déplacera le robot comporte des obstacles à des positions inconnues et pour certains pouvant se déplacer.

On partira aussi du principe que la localisation sera bornée à une zone bien déterminée, dans le cas de l'application à la coupe de France de robotique : le terrain de jeu.

1.3 méthode de travail

Pour arriver à nos fins, on commencera par analyser ce qui existe déjà dans le domaine de la localisation sonore, afin d'avoir une vue d'ensemble des obstacles qu'on pourra rencontrer ainsi que des méthodes classiques de procéder.

Une fois cela fait, on passera au développement du système à proprement parler. Il se fera par incrément, en expérimentant et en tirant les conclusions de ces expériences. Il faudra donc bien documenter toutes les expériences afin qu'elles puissent être reproduites.

Enfin on aimerait pouvoir présenter une démo fonctionnelle du système pour prouver sa viabilité.

Chapitre 2

Analyse d'une étude précédente

Pour débuter nous nous sommes basé sur le travail de John Swindle [1], qui avait déjà travaillé sur la localisation basé sur du son. Il a donc fallu comprendre la problématique qu'il s'était posé, comment il y a répondu, puis de partir de ces réflexion pour répondre à notre problématique.

2.1 Résumé de l'étude

La problématique de l'étude est très proche de la notre, à savoir qu'il veut pouvoir localiser un objet tout en essayant aussi d'utiliser le plus possible du matériel peu coûteux et en considérant un environnement un peu bruyant.

Pour y arriver il propose un système utilisant un micro et 3 enceintes (2 enceintes étant théoriquement possible mais demanderais du matériel plus précis, et donc plus cher) le tout relié à un ordinateur. Le système fonctionne ainsi : L'ordinateur envoie un signal sonore via les 3 enceintes. Le micro reçoit 3 fois le même signal (un par enceinte) mais avec un décalage entre chacun. à l'aide de ce décalage on peut, en résolvant un système d'équations, trouver la position du micro.

Son travail met aussi en avant des réflexions importantes sur le signal à utiliser. Tout d'abord il faut que le signal soit périodique, sinon on ne peut pas le différencier du bruit ambiant. Ensuite, pour éviter l'écho (qui fausserait tout), il propose d'utiliser un signal le plus court possible (des pics), ainsi que d'attendre un certain temps sans rien émettre entre chaque pic, pour que l'écho s'annule.

Enfin il faut pouvoir traiter le signal reçu par le micro pour différencier les signaux envoyés du bruit ambiant, pour cela il utilise des techniques déjà connues en traitement du signal qui sont le "filtre haute-passe", le

”waveform averaging” et de la compression audio(réduction des bruit au dessus d'un certain seuil).

2.2 Que peut-on en tirer ?

La majorité du travail effectué dans cette étude pourra nous servir. Effectivement les deux problématiques sont très proches et on peut se baser sur cette réflexion déjà faite pour créer notre système. Pour commencer le fonctionnement général (calculer la position du micro en fonction du déphasage entre les signaux) semble être la solution la plus fiable et précise et s'adapte parfaitement à nos conditions. Ensuite on pourra se servir de son raisonnement sur le signal à envoyer et le traitement du signal enregistré. Mais cette partie n'étant que peu documentée, on prendra soin de faire nous même des tests dont tout le protocole et les résultats seront détaillés afin de s'orienter comme bon nous semble dans cette partie de l'élaboration du système, et permettre à d'autres plus tard de faire de même.

Néanmoins notre sujet diffère en plusieurs points, premièrement nous devons prendre en compte un environnement avec de fortes perturbations sonores, il faudra donc sûrement effectuer plus de traitements sur le signal reçu. Ensuite nous avons décidé d'utiliser plusieurs micros(au moins 2) plutôt qu'un et d'utiliser le déphasage entre les micros pour calculer directement la distance aux enceintes. Cette façon de faire change un peu la configuration matérielle et le procédé, même si le fonctionnement général reste le même. Enfin l'étude ne parle pas du tout de se déplacer, ce sera donc à nous d'étudier complètement ce problème.

Chapitre 3

développement de la solution

3.1 Mise en place du système

Une fois l'analyse faite nous avons commencé la mise en place du système. Lors de cette phase nous avons procédé en émettant des hypothèses et en les infirmant/confirmant expérimentalement.

On a commencé par élaborer un protocole détaillé permettant de vérifier qu'on pouvait bien observer un déphasage entre les micros et on a déterminé la précision qu'on pouvait espérer.

Puis on a étudié les conséquences de l'écho sur le signal reçu, c'est à dire à quel moment il apparaît, quel est son impact sur le signal reçu et comment peut-on le plus possible le limiter. On a notamment tenté d'isoler les micros avec de la mousse pour les rendre directionnels. L'isolation semble marcher, mais dans un environnement avec beaucoup d'écho, il reste très dur de distinguer le signal de départ dans celui reçu.

C'est pourquoi nous nous sommes ensuite intéressés aux différents types de signaux qu'on pouvait envoyer. Pour tous les tests précédents on utilisait un sinus continu, nous avons donc enchaîné en essayant des signaux plus brefs. Et on a pu vérifier qu'avec un signal très court (moins de 5 échantillons pour un signal à 44100Hz) on pouvait dissocier le signal initial de l'écho, comme annoncé dans l'étude.

3.2 Traitement du signal reçu

Une fois tout cela fait nous avons commencé à nous intéresser à l'automatisation de la reconnaissance du signal reçu. On peut décomposer ce problème en une première sous partie consistant à nettoyer le signal le plus possible, et une seconde où on reconnaît réellement le signal émis.

3.2.1 nettoyage du signal

Filtrage par "waveform averaging"

Le principe de cette méthode est simple : connaissant la période du signal envoyé, on découpe le signal reçu en morceaux de la taille de celle-ci, et on fait la moyenne de ces bouts. Le résultat obtenu devrait donc mettre en valeur le signal se répétant sur cette période, le reste étant du bruit (donc plus ou moins aléatoire) devrait s'annuler au fur et à mesure.

Après avoir testé expérimentalement cette méthode (détaillé en F) afin d'essayer d'amplifier un signal particulier, on peut constater que cette méthode est efficace dans une certaine mesure. En effet on a bien amplifié le signal émis, mais le résultat reste quand même très bruité, c'est donc une méthode qu'on pourrait utiliser en combinaison avec une autre.

Filtrage par fréquences

c'est là où on en est :)

3.2.2 reconnaissance du signal émis

Nope pas encore

Chapitre 4

Implémentation du système

Nope pas encore

Chapitre 5

Conclusion

Nope pas encore

Première partie

Matériel

Annexe A

Test du matériel

A.1 Objectif

On voudrait savoir à quel point le matériel utilisé est fiable, et quelle précision on peut espérer avec. On testera donc que la mousse qu'on compte utiliser pour rendre les micros plus unidirectionnel isole correctement, ainsi que l'effet de la mousse fournit de base avec les micros de plus on voudrait savoir jusqu'à quel degré les micros sont omnidirectionnels.

A.2 Expérience

A.2.1 Configurations physique

Dans chacune des expériences on gardera un micro témoin, le plus possible collé au micro servant de test (moins de 3cm à chaque fois) pour ne pas être influencé par autre chose. Seule exception : le test de la mousse incluse avec les micros, où on a procédé à un enregistrement avec et l'autre sans, sans changer le reste de la configuration.

Pour tester la mousse que l'on utilisera pour rendre les micros unidirectionnel, on enroule intégralement un micro dans cette mousse, l'autre micro est simplement posé à côté.

Pour tester les l'omnidirectionnalité, on positionne le micro témoin en face de l'émetteur, et un autre à côté, mais orienté de dos ou à 90 degrés de l'émetteur. Enfin on complétera en mettant les deux micros perpendiculaires à l'émetteur mais orienté vers des côtés opposés.

A.2.2 Critères d'acceptation

Pour la mousse, il est difficile de chiffrer le résultat, le but est juste de se donner une idée de son pouvoir isolant en visualisant des signaux lu avec et sans. Néanmoins, on s'attend à ce que : à partir d'un micro entouré de mousse, le signal ait une amplitude plus faible voir ait une forme globale différente d'un signal reçu sur un micro normal.

Pour les micros, on utilisera les deux configurations où les micros sont tous les deux de face pour savoir s'il existe des différences entre les deux au niveau de l'amplitude du signal reçu, voir si on constate un décalage de phase (même minime), et si possible chiffrer ces différences. On voudrait aussi savoir à quel point ils sont omnidirectionnel et quantifier les différences entre les signaux reçus selon l'orientation du micro par rapport à la source.

A.2.3 Signal émis

On a utilisé le signal carré de 5 échantillons(voir E) afin de repérer facilement les signaux venant de l'émetteur.

A.2.4 Réception du signal

On utilise le montage habituel (voir E.2).

A.3 Résultats

A.3.1 Entre les deux micros

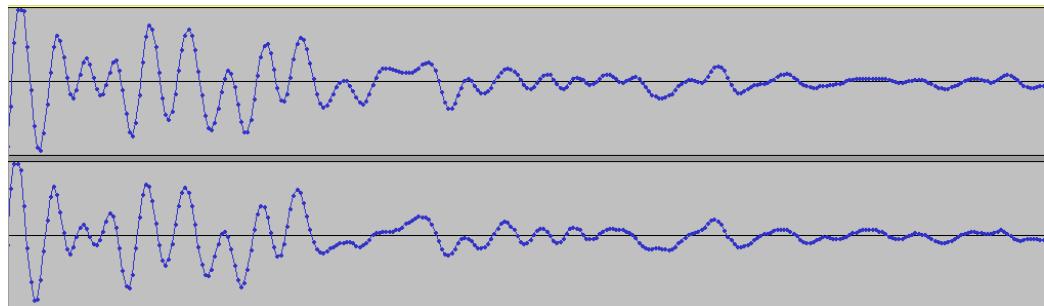


FIGURE A.1 – signaux des deux micros côté à côté

On ne constate pas de grosses différences entre les deux micros. la forme globale du signal capté est la même, il y a parfois quelques irrégularités, mais elle ne sont ni importantes, ni très fréquentes. L'amplitude est sensiblement identique et on ne constate aucun décalage de phase.

A.3.2 mousse de base des micros

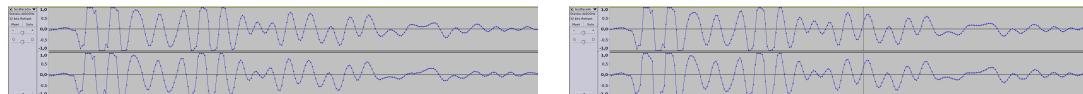


FIGURE A.2 – à gauche le signal sans mousse, à droite avec

On ne remarque pas vraiment de différence entre les deux, la mousse de base semble donc peu utile.

A.3.3 mousse isolante

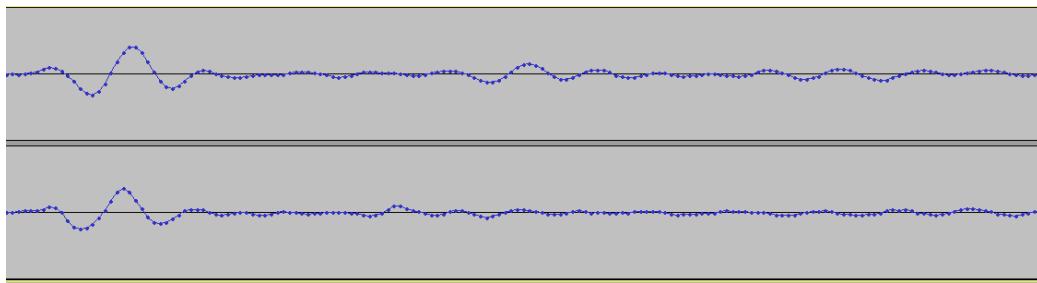


FIGURE A.3 – en haut le micro sans isolation, en bas celui avec

On constate que la mousse isolante atténue bien l'amplitude du signal reçu. Il y a un léger décalage de phase (de 1 à 3 échantillons selon ce que l'on mesure), néanmoins on ne peut rien en conclure car la position et l'orientation précise du micro dans la mousse est inconnue. Par contre on remarque que le signal qui suit l'impulsion est assez différent sur les deux, cette partie du signal correspondant à l'écho, on peut en déduire que celui-ci est partiellement filtré par la mousse isolante.

A.3.4 Orientation des micros

Un micro perpendiculaire à l'émetteur

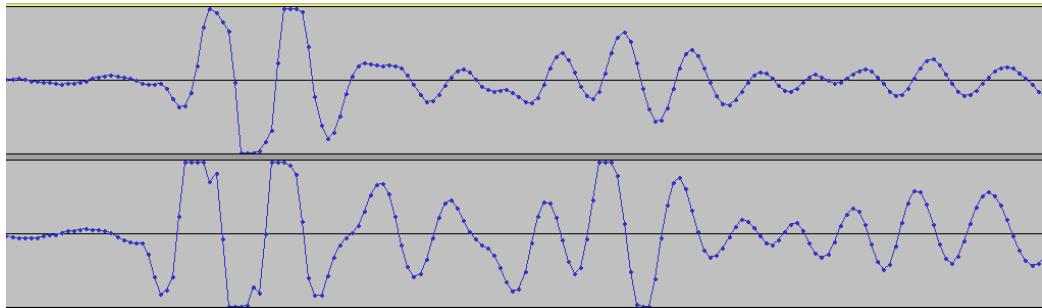


FIGURE A.4 – en haut le micro de référence, en bas celui orienté à 90 degrés de l'émetteur

On constate que la différence d'amplitude est grande entre les deux signaux. De plus il y a un décalage de phase : il est de 3 à 4 échantillons au début du signal et de 1 à 2 échantillons dans l'écho. Enfin on remarque que les deux signaux peuvent différer à certains endroits (notamment dans le début de l'écho).

Deux micros perpendiculaires à l'émetteur(dos à dos)

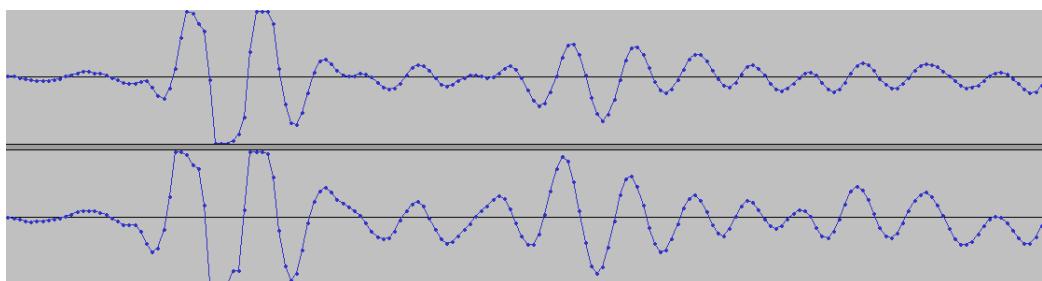


FIGURE A.5 – signaux reçus quand les micros sont dos à dos

Dos à dos on retrouve des signaux plus identiques l'un à l'autre que lorsque seul un des deux est perpendiculaire à la source. L'amplitude est la même pour les deux signaux, et le décalage de phase est de 1 à 2 échantillons pour le tout début de l'impulsion puis de 0 à 1 échantillon dans l'écho. On remarque quelques différences, mais pas plus que ce qui est normal(voir A.3.1).

Dos à l'émetteur

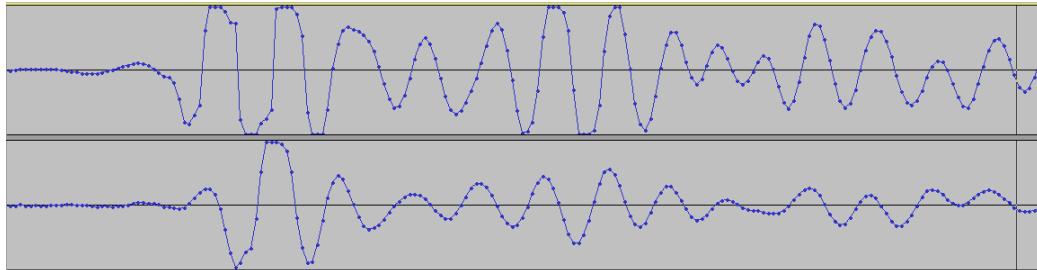


FIGURE A.6 – en haut le témoin, en bas le micro dos à l'émetteur

Les signaux reçus sont très différents, la seule partie que l'on peut identifier clairement étant le tout début de l'impulsion. Sur cette dernière on constate un écart de phase de 11 échantillons.

A.4 Conclusion

De toutes ces expériences on peut en déduire :

- les micros sont fiables et il n'y a pas de différences notables entre les deux.
- la mousse de base semble inutile
- la mousse isolante réduit assez clairement l'amplitude du signal capté, hypothétiquement on peut s'en servir pour réduire l'écho.
- il y a des différences dans les signaux reçus en fonction de l'orientation du micro. si un des micros est dos à l'émetteur alors que l'autre est de face, le signal en devient même impossible à reconnaître. Si on reste dans une disposition avec un micro à 90 degrés de l'émetteur l'écart est très faible, et s'annule quasiment si le deuxième aussi est à 90 degrés(dans le sens inverse). On peut donc conjecturer que tant qu'on reste dans une orientation de moins de 90 degrés le signal reste exploitable.

Annexe B

Élaboration du protocole

B.1 Objectif

On aimerait définir un protocole qui permettrait de mesurer précisément un décalage de phase sur un signal enregistré en même temps par deux micros différents.

B.2 Expérience

B.2.1 Critères d'acceptation

On considérera que le protocole est bon si on arrive systématiquement et dans plusieurs configurations à retrouver les distances physiques séparant l'émetteur du signal de chacun des micros. De plus on vérifiera que le décalage de phase entre les micros correspond bien à la distance les séparant.

B.2.2 Configurations

Tout au long du document, on utilisera les termes m1 et m2 pour désigner les deux micros, x l'espace entre les micros, s1 la source sonore (le haut-parleur), et y la distance entre m2 et s1. De sorte que la configuration avec les micros et le haut-parleur aligné puisse être schématisé comme si dessous :



FIGURE B.1 – Schéma de l’expérience avec les micros et le haut-parleur alignés

les différentes configurations choisies sont :

- m1, m2 et s1 sont alignés, on teste différentes valeurs de x et y.
- m1 et m2 sont côte à côte, plus ou moins collés.

B.2.3 Signal émis

On utilisera un fichier sonore wav qui :

- dure 3 secondes
- est un sinus à une fréquence constante à 300Hz
- a un taux d’échantillonnage de 44100Hz
- est un fichier mono

Le signal est émis depuis une enceinte branché à un ordinateur via une prise jack 3.5.

B.2.4 Réception du signal

Le signal est enregistré via deux micros identiques (même modèle), posés sur de la mousse. Le tout est coordonné par un contrôleur trik sur lequel les micros sont branchés via deux prises jack 3.5 séparées. On enregistre le signal réceptionné dans un fichier wav avec un taux d’échantillonnage de 44100Hz. Chaque enregistrement dure 6 secondes, on commence par démarrer l’enregistrement, puis on attend une à 2 secondes avant d’émettre le signal. Ainsi on peut observer le bruit ambiant et être sûr de capter l’intégralité du signal émis. Les calculs de distances et de décalage de phase seront fait par rapport aux premiers échantillons reçus du signal, afin de ne pas être influencé par l’écho.

B.3 Résultats/conclusions

B.3.1 Tout aligné



FIGURE B.2 – expérience avec les micros et l'enceinte aligné

| # | f (Hz) | x (mm) | y (mm) | durée (s) | décalage de phase (échantillons) | décalage de phase (ms) | décalage de phase (m) |
|----|----------|----------|----------|-----------|----------------------------------|------------------------|-----------------------|
| 1 | 80 | 220 | 500 | 3 | 266 | 0.0014 | 0.476 |
| 2 | 80 | 220 | 500 | 3 | 287 | 0.0015 | 0.51 |
| 3 | 80 | 220 | 500 | 3 | 273 | 0.0014 | 0.476 |
| 4 | 80 | 220 | 500 | 3 | 281 | 0.0015 | 0.51 |
| 5 | 80 | 220 | 500 | 3 | 273 | 0.0014 | 0.476 |
| 6 | 80 | 220 | 500 | 3 | 271 | 0.0014 | 0.476 |
| 7 | 80 | 220 | 500 | 3 | 269 | 0.0014 | 0.476 |
| 8 | 80 | 220 | 500 | 3 | 284 | 0.0015 | 0.51 |
| 9 | 80 | 220 | 500 | 3 | 282 | 0.0015 | 0.51 |
| 10 | 80 | 220 | 500 | 3 | 272 | 0.0014 | 0.476 |
| 11 | 80 | 500 | 260 | 3 | 923 | 0.0048 | 1.632 |
| 12 | 80 | 500 | 260 | 3 | 844 | 0.0044 | 1.496 |
| 13 | 80 | 500 | 260 | 3 | 836 | 0.0044 | 1.496 |
| 14 | 80 | 500 | 260 | 3 | 836 | 0.0044 | 1.496 |
| 15 | 80 | 500 | 260 | 3 | 845 | 0.0044 | 1.496 |
| 16 | 80 | 500 | 260 | 3 | 915 | 0.0048 | 1.632 |
| 17 | 80 | 500 | 260 | 3 | 852 | 0.0044 | 1.496 |
| 18 | 80 | 500 | 260 | 3 | 850 | 0.0044 | 1.496 |
| 19 | 80 | 500 | 260 | 3 | 844 | 0.0044 | 1.496 |
| 20 | 80 | 500 | 260 | 3 | 849 | 0.0044 | 1.496 |

où :

f est la fréquence utilisée.

x est la distance entre la source sonore et le premier micro

y est la distance entre les deux micros

FIGURE B.3 – tableau des résultats de toutes les itération de l'expérience avec les micros et enceintes alignés

B.3.2 Récepteurs côté à côté

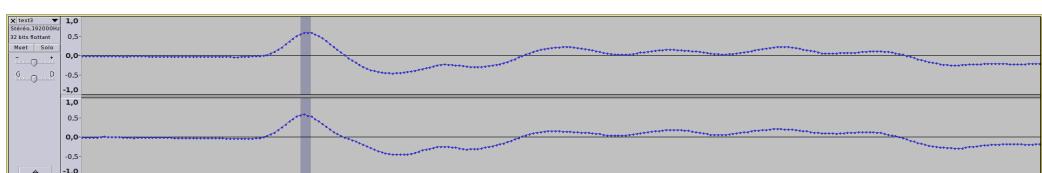


FIGURE B.4 – signaux reçu par les deux micros lorsqu'ils sont collés

| # | f (Hz) | x (mm) | y (mm) | durée (s) | décalage de phase (échantillons) | décalage de phase (s) | décalage de phase (m) |
|---|----------|----------|----------|-----------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 80 | 220 | 500 | 3 | 2 | 0.0000104 | 0.003536 |
| 2 | 80 | 220 | 500 | 3 | 2 | 0.0000104 | 0.003536 |
| 3 | 80 | 220 | 500 | 3 | 1 | 0.0000052 | 0.001768 |

où :

f est la fréquence utilisé.

x est la distance entre la source sonore et le premier micro

y est la distance entre les deux micros

FIGURE B.5 – tableau des résultats de toutes les itération de l'expérience avec les micros collé

On constate bien qu'il n'y a pas de décalage quand les deux micros sont collés. Par contre on remarque une différence d'intensité, qui peut être expliqué par une simple différence du matériel. Les micros n'étant pas des micros professionnels, ce n'est pas étonnant que la qualité ne soit pas constante d'un micro à l'autre.

Annexe C

Décalage de phase

C.1 Objectif

Dans l'expérience précédente on a ignoré l'écho, cette fois si, on aimerait savoir à quel point l'écho peut avoir de l'importance dans le signal reçu, et plus particulièrement dans le décalage de phase entre les deux micro . On va donc utiliser de la mousse pour rendre les micros plus "directionnels" et regarder si ça a de l'influence sur les données enregistrées selon la direction donné.

C.2 Expérience

C.2.1 Critères d'acceptation

On commencera par reprendre la dernière configuration de l'expérience précédente en ajoutant un cône autour d'un des micros afin de vérifier que le signal reçu est différent avec et sans le cône (donc que la mousse est bien efficace pour filtrer le signal). On considérera que l'écho a de l'influence sur le signal reçu si en changeant l'orientation d'un micro placé dans un cône en mousse on observe un décalage de phase par rapport à un micro sans cône (donc omnidirectionnel).

C.2.2 Configurations

On reprend la configuration précédente. Cette fois, on placera les micros côte à côte et on changera uniquement l'orientation du micro entouré d'un cône de mousse.

C.2.3 Signal émis et réception

Le matériel et les paramètres sont les mêmes que pour l'expérience précédente à la seule différence du cône en mousse autour d'un des micros.

C.3 Résultats/conclusions

C.3.1 Vérification de l'efficacité de la mousse



C.3.2 Changement d'orientation



perpendiculaire au haut-parleur

On constate déjà qu'il y a un décalage assez marqué(anormal puisque les micros sont côté à côté)

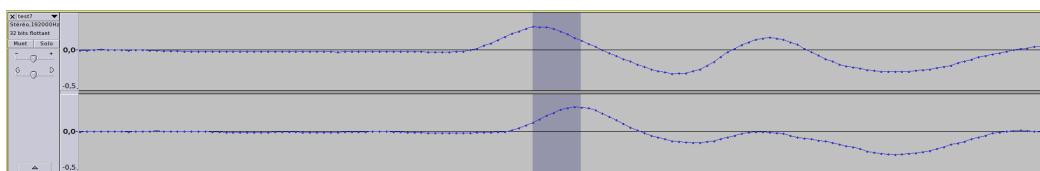


FIGURE C.1 – exemple de décalage sur la 7ème itération de l'expérience

| # | f (Hz) | durée (s) | décalage de phase (échantillons) | décalage de phase (s) | décalage de phase (m) |
|---------|----------|-----------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 80 | 3 | 28 | 0.00063 | 0.2142 |
| 2 | 80 | 3 | 6 | 0.00014 | 0.0476 |
| 3 | 80 | 3 | 6 | 0.00014 | 0.0476 |
| 4 | 80 | 3 | 6 | 0.00014 | 0.0476 |
| 5 | 80 | 3 | 6 | 0.00014 | 0.0476 |
| 6 | 80 | 3 | 6 | 0.00014 | 0.0476 |
| 7 | 80 | 3 | 6 | 0.00014 | 0.0476 |
| 8 | 80 | 3 | 6 | 0.00014 | 0.0476 |
| 9 | 80 | 3 | 7 | 0.00016 | 0.0544 |
| 10 | 80 | 3 | 6 | 0.00014 | 0.0476 |
| Moyenne | | | | 0.000191 | 0.06494 |

où :

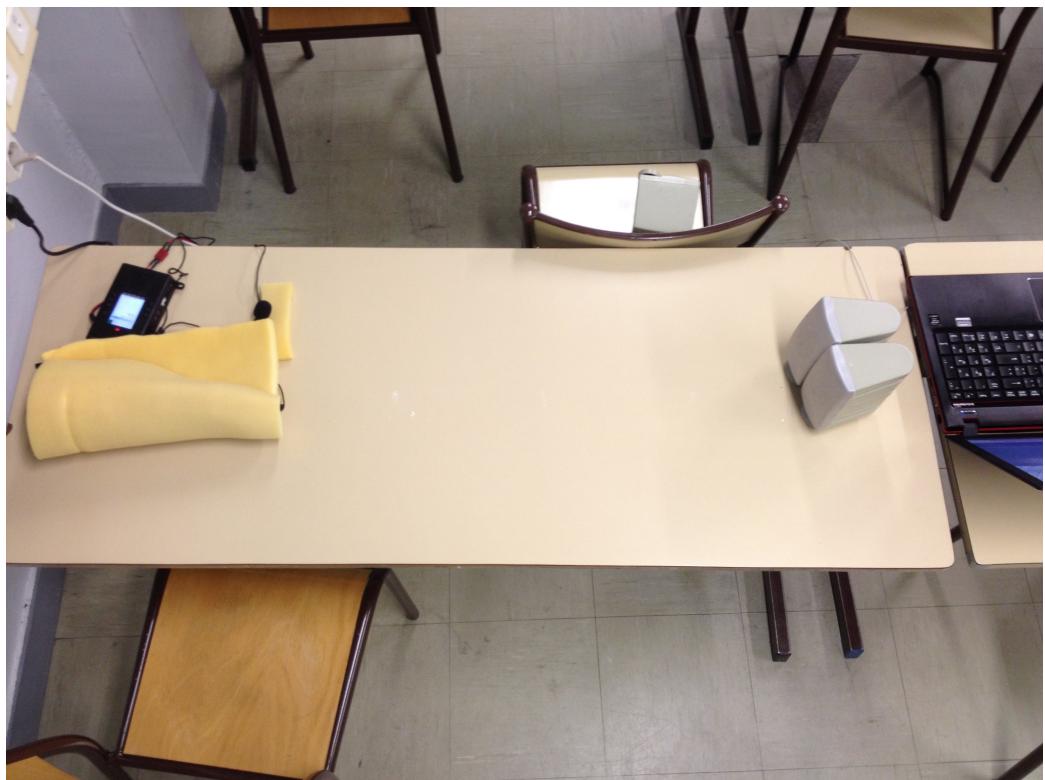
f est la fréquence utilisé.

x est la distance entre la source sonore et le premier micro

y est la distance entre les deux micros

FIGURE C.2 – tableau des résultats de toutes les itération de l'expérience avec les micros collé

dos au haut-parleur



TODO : on n'a pas de données pour celui là ?

C.3.3 conclusion

On en conclu que l'écho influence effectivement beaucoup le signal reçu, pouvant fausser les calculs basés sur le décalage de phase.

Annexe D

Influence de l'environnement sur l'utilisation des cônes

D.1 Objectif

Au cours d'une expérience précédente on s'est rendu compte que dans certains cas, même en utilisant des cônes, le signal reçu était fortement bruité (très probablement par accumulation d'écho). On aimerait savoir si ce problème provient de l'environnement (en l'occurrence une grande pièce sans obstacles) et si on peut améliorer le signal en modifiant le cône.

D.2 Expérience

D.2.1 Critères d'acceptation

On partira de la capture du signal quasi inexploitable et on comparera les nouveaux résultats avec celui-ci et le signal émis pour voir s'il y a une amélioration ou pas.

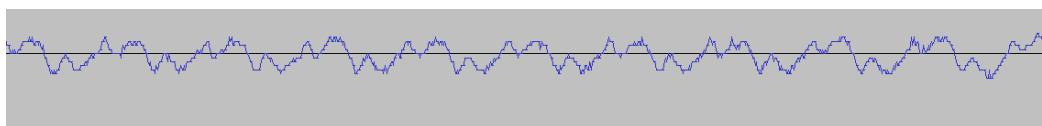


FIGURE D.1 – le signal bruité

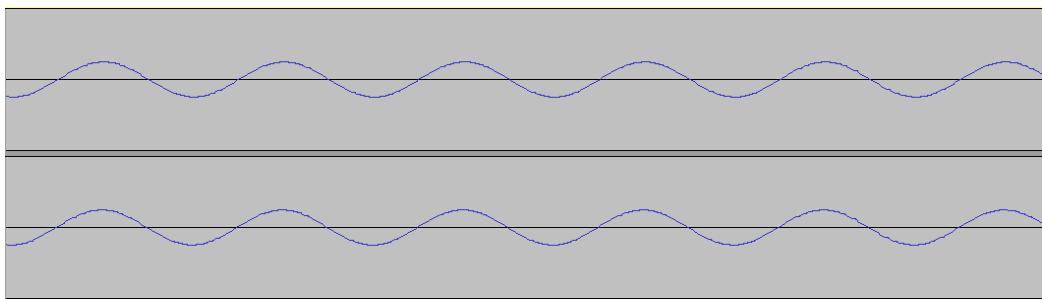


FIGURE D.2 – le signal de base

On regardera le milieu/la fin du signal reçu, afin d'être sûr que l'écho ait bien eu le temps de s'ajouter au signal de base.

D.2.2 Configurations physique

On utilise un seul micro, perpendiculaire à l'émetteur et dans un cône de mousse.

On testera avec un cône le moins ouvert possible (cylindre) pour voir si on peut réduire l'écho perçu.

Puis on mettra un obstacle à 80 centimètres de la sortie du cône pour simuler un environnement plus étroit.

D.2.3 environnement de test

Les tests se font dans une grande pièce sans obstacles (pas à la hauteur où se passe l'expérience du moins).

D.2.4 Signal émis

même sinusoïde que pour E.2, seulement elle dure 10 secondes.

D.2.5 Réception du signal

même chose que dans E.2.

D.3 Résultats

D.3.1 Cône plus refermé

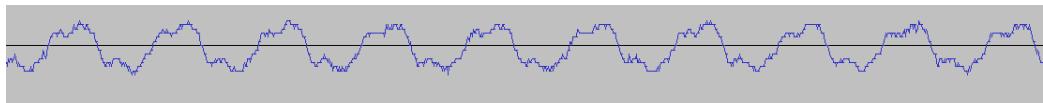


FIGURE D.3 – utilisation d'un cône plus refermé

Le fait d'utiliser cône plus refermé semble améliorer le signal reçu, il reste quand même très bruité.

D.3.2 Ajout d'un obstacle

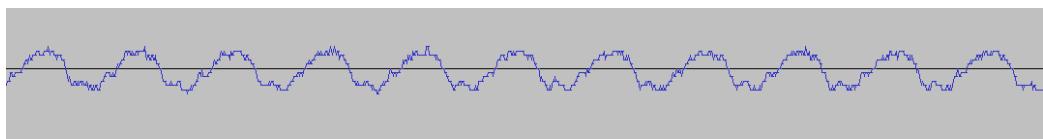


FIGURE D.4 – signal avec un obstacle en face de la sortie du cylindre

Cette fois la forme du signal ressemble beaucoup plus au sinus de base.

D.4 Conclusions

Utiliser un cylindre plutôt qu'un cône semble améliorer un peu le signal.

L'environnement semble jouer un grand rôle dans le signal perçu, dans un environnement ouvert comme c'était le cas au début, on a beaucoup d'écho, alors qu'en rajoutant simplement un obstacle à 80cm de la sortie du cylindre on obtient un signal bien plus exploitable, il faudrait creuser plus en regardant si ça marche pour tout types d'obstacles (forme/matériau) et jusque quelle distance.

Annexe E

Signal carré

E.1 Objectifs

Le premier objectif de cette série de tests est de vérifier la validité de l'utilisation d'un signal carré. On a voulu tester cette forme de signal, car le front montant du signal est supposé être facilement repérable dans le signal de l'acquisition du micro.

Le deuxième objectif est d'acquérir un signal avec le minimum d'écho possible. Le signal carré utilisé étant très court, le pique enregistré sur les micros ne devrait (hypothétiquement) pas être bruité par de l'écho.

E.2 Protocole

On a créé deux fichiers *.wav* :

- Le premier envoi 4 impulsions de longueur 1 échantillon, espacé de 3 secondes chacun
- Le deuxième envoi 4 impulsions de longueur 5 échantillons, espacé de 3 secondes chacun

On a ensuite fait les mêmes teste que pour les séances précédentes :

E.2.1 Protocole des tests

Premier test Les deux micros sont côte à côte(à 6cm de décalage), à la même distance de la source sonore.

Objectif du test Ce test est réalisé pour avoir une référence par rapport aux autres test. En plus d'une référence, ce test permet de voir les différence d'acquisition là où il ne devrait pas en avoir.



FIGURE E.1 – Photo de l'expérience avec les micros côté à côté

Deuxième test Les deux micros sont en ligne droite avec le haut-parleur. La distance entre les deux micros est de 520mm, la distance entre le micro le plus proche du haut-parleur et le haut-parleur est de 400mm.

Objectif du test Le but de ce test est de vérifier qu'on arrive à obtenir le bon résultat sur le calcul de distance entre les deux micros à partir du décalage de phase.

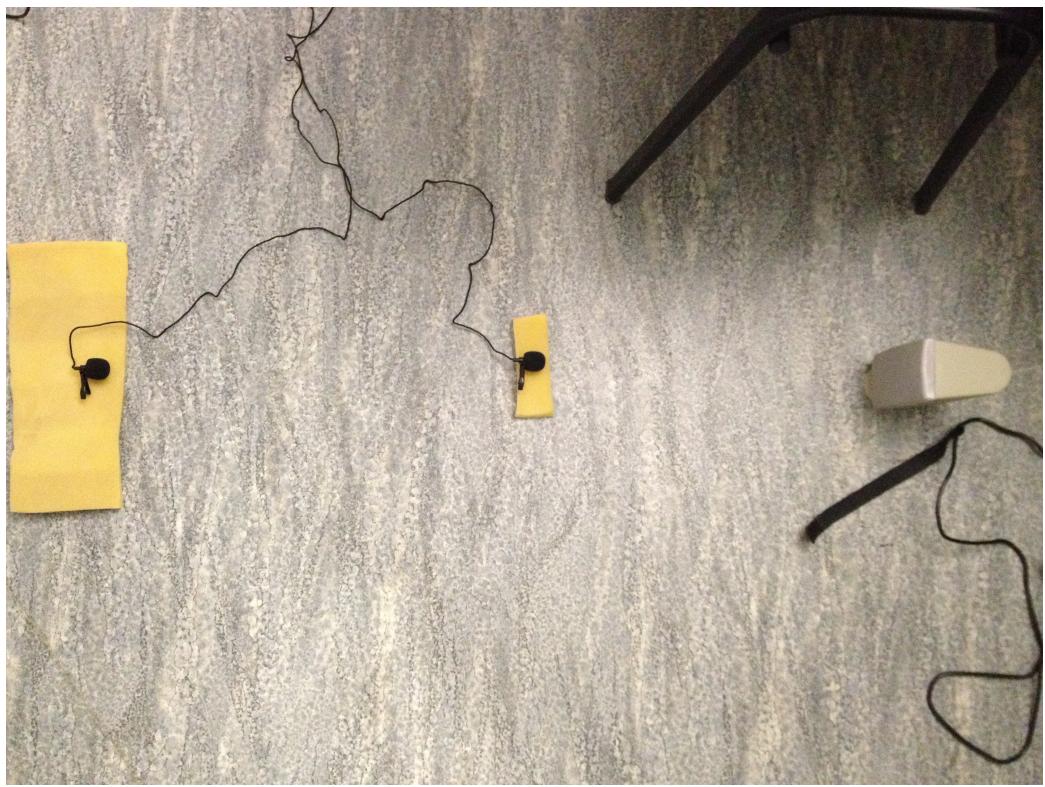


FIGURE E.2 – Photo de l'expérience avec les micros en ligne

Troisième test Les deux micros sont à la même distance par rapport à la source sonore (920mm), mais il sont tous deux séparé de 680mm.

Objectif du test Le but de ce test est de voir comment se propage le son en direction des deux micros. En effet, le haut-parleur n'est pas complètement omnidirectionnel, on voudrait savoir si cela a un effet important sur le signal. En plus d'impacter le signal perçu directement, cela peut aussi changer l'écho perçu par les micros.

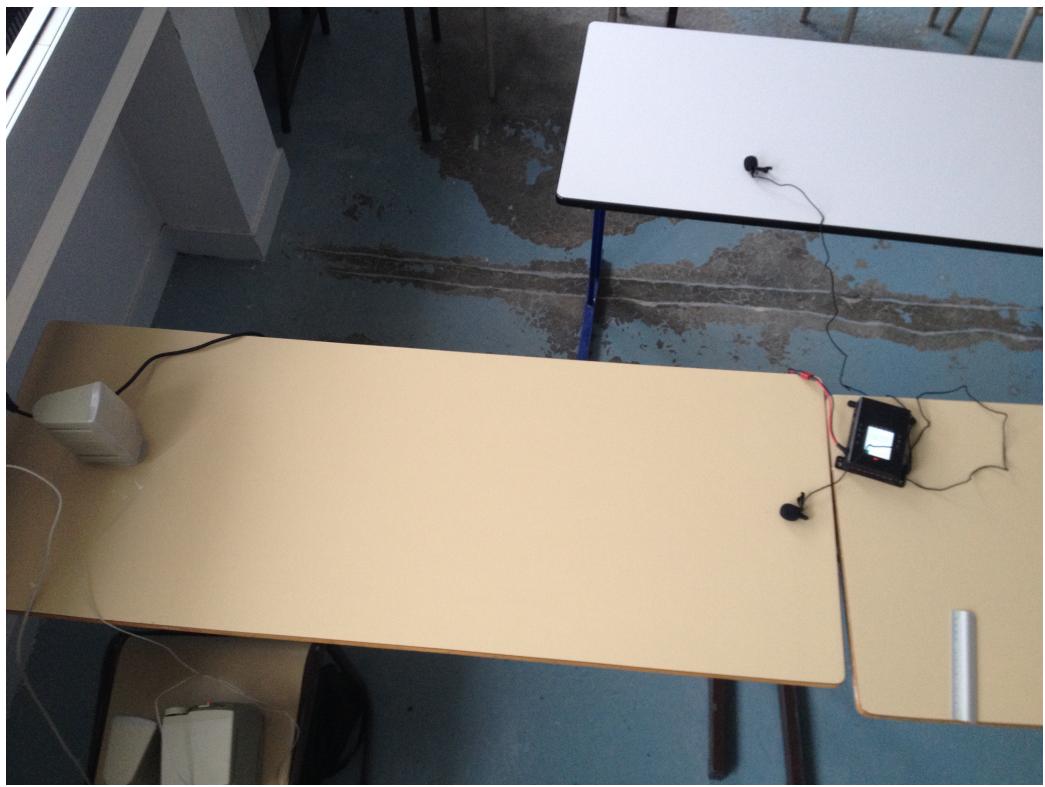


FIGURE E.3 – Photo de l'expérience avec les micros à la même distance de la source, mais séparés

Quatrième test Un des deux micros est entouré de mousse pour faire un cône, le rendant unidirectionnel. Le cône est dirigé vers le haut-parleur. Les deux micros sont à une distance de 900mm de la source sonore. Les deux micros sont séparé de 12cm.

Objectif du test Le but de ce test est de comparer ce que les deux micros acquire. En effet, l'un des deux micro devrait etre moins impacter pas l'écho ambiant, et donc etre moins bruité.

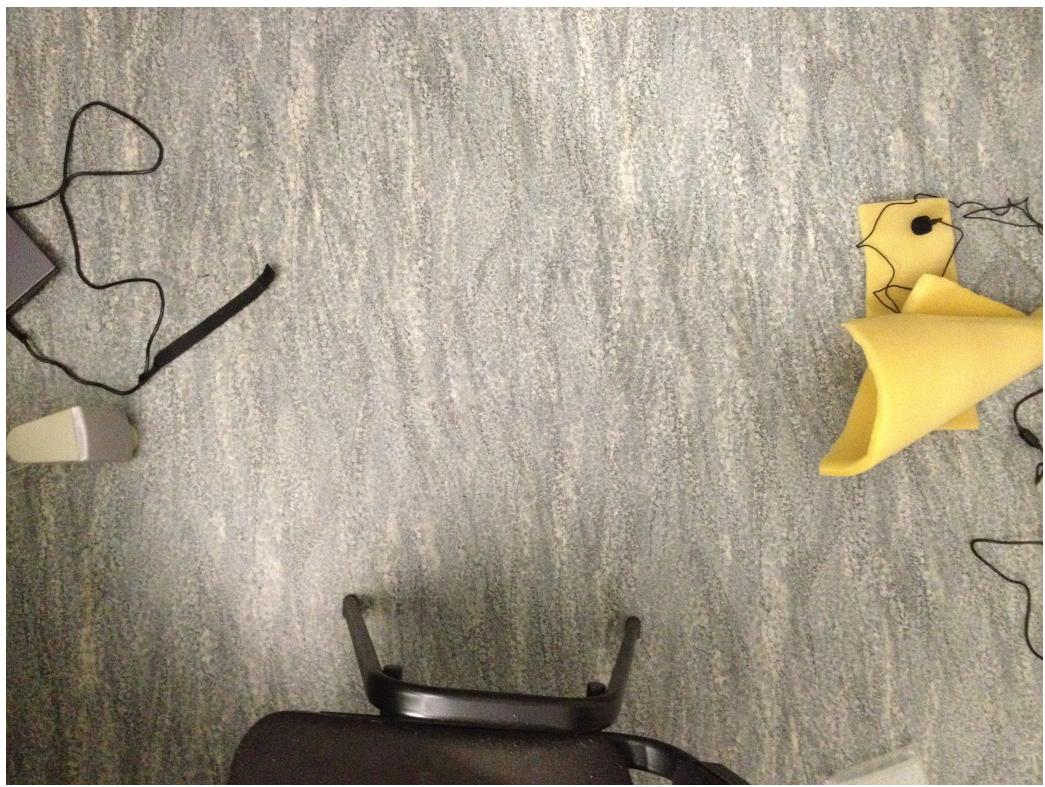


FIGURE E.4 – Photo de l'expérience avec un cône autour d'un micro

Cinquième test Un des deux micros est entouré de mousse pour faire un cone, le rendant unidirectionnel. Le cône est dirigé à 180 degré du haut-parleur. Les deux micros sont à une distance de 900mm de la source sonore.

Objectif du test Le but de ce test est de comparer les mesures entre les deux micros. L'un des micro ne pourra pas acquérir le son direct émis du haut parleur, l'enregistrement sur ce micro devrait donc etre principalement composé d'écho de la source sonore.

E.3 Résultats/conclusions

E.3.1 résultats

Impulsion carré de 1 échantillon

Premier test Il n'y a pas de décalage de phase entre les deux micros. De plus l'écho est n'apparaît qu'après la fin du signal initial. Celui-ci est assez loin pour que le signal original ne soit pas bruité par l'écho

Deuxième test Le décalage de phase est de 62 échantillons. Les signaux se ressemblent, même à partir du moment où l'écho s'est mis en place. Le signal du micro le plus éloigné est très atténue par la distance entre la source et ce micro.

Troisième test Il y a un léger décalage de phase qui pourrait être dû au haut parleur qui n'est pas omnidirectionnel. En ce qui concerne l'écho, il apparaît aussi bien après le signal initial et ne le bruite pas.

Quatrième test Il y a un décalage de phase que nous n'arrivons pas à expliquer.

Cinquième test Le signal du micro avec la cone est très atténue. Même avec le cone, le micro enregistre quand même une partie du signal initial (même s'il est très atténue par rapport à l'autre micro). Il y a aussi un décalage de phase de 13 échantillons, ce qui est consistant avec l'orientation du micro (cf. Orientation des micros). Cependant le décalage de phase entre l'acquisition du front initial par le micro sans cone, et l'écho acquerit par le micro avec un cone est de 65 échantillons (ce qui est consistant avec l'environnement de la pièce).

Impulsion carré de 5 échantillons

Premier test Il n'y a pas de décalage de phase entre les deux micros. En ce qui concerne l'écho, il n'est pas discernable, en effet le haut-parleur à du vibrer plus que ce qui était prévu. Le problème est du à la forme du signal utilisé qui n'est pas reproductible entièrement par un haut-parleur.

Deuxième test Le décalage de phase est de 63 échantillons, ce qui est cohérent avec le test précédent (cf. E.3.1). L'écho n'est toujours pas discernable du signal initial. De plus, les micros ont été saturé de façon très périodique.

Troisième test Il y a un décalage de phase entre les deux enregistrements de 9 échantillons. Même s'il y a des points similaires entre les deux signaux, ils sont très dissemblables, ceci est probablement dû au fait que les deux micros sont assez éloignés l'un de l'autre.

Quatrième test Il y a un décalage de phase de 7 échantillons que nous n'arrivons pas à expliquer. L'écho n'est seulement que peu atténue mais toujours visible et discernable.

Cinquième test Le signal enregistré par le micro entouré d'un cone est beaucoup plus faible que celui sans. Les deux signaux ne se ressemblent pas beaucoup, il est donc difficile de repérer des extreumums qui coïncident. Le décalage de phase entre les deux micros est de 14 échantillons, ce qui est consistant avec l'orientation des micros (cf. Orientation des micros).

E.3.2 Conclusion

Malgré la forme du signal d'origine très reconnaissable, le signal reçu, l'est beaucoup moins. Il est assez compliqué de repérer le même extréum dans les deux signaux acquis par les micros. Le fait que le signal n'est pas reconnaissable, et que tous les pics ne sont pas pareil dans l'enregistrement des deux micros, est probablement dû au limitation matériel du haut-parleur (la membrane vibre et ne peut pas reconstituer un signal carré).

En ce qui concerne l'écho, celui ci est inévitable, mais apparaît tout de même assez loin dans le temps pour pouvoir être discernable du signal original.

En conclusion, bien que le signal original est très reconnaissable, il n'est pas du tout approprié en ce qui concerne des ondes sonore. Ces tests nous ont cependant permis d'analyser des signaux en étant sur que ces signaux ne sont pas bruité par de l'écho

Deuxième partie

Traitements du signal reçu

Annexe F

Filtrage "par accumulation"

F.1 Objectif

On voudrait nettoyer le signal reçu afin de reconnaître plus facilement le signal émis. Pour ce faire, on découpe le signal reçu en parties de la taille de la période du signal émis, et on additionne toutes ces parties afin d'amplifier le signal émis.

F.2 Expérience

F.2.1 Critères d'acceptation

Vérification de l'expérience

Afin de vérifier que l'expérience teste bien ce que l'on veut, on applique le procédé au signal émis. Si l'expérience fonctionne bien, on devrait obtenir une période du signal.

Efficacité du filtrage

On comparera le signal lu une fois filtré avec une période du signal émis,

F.2.2 Configurations physique

F.2.3 environnement de test

F.2.4 Signal émis

F.2.5 Réception du signal

F.3 Résultats

F.4 conclusions

Troisième partie

Logiciels

Annexe G

Audacity

Audacity est un logiciel permettant de traiter les fichiers audio. On s'en servira beaucoup pour afficher les courbes des différents signaux qu'on doit traiter.

Une capture typique d'un signal sous Audacity se présente ainsi :

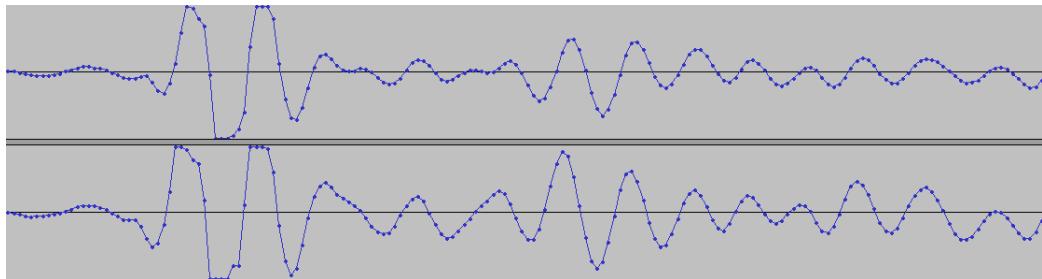


FIGURE G.1 – une capture d'un signal quelconque dans audacity

On remarque qu'il y a 2 signaux, ce sont les deux pistes de l'enregistrement audio. Celle du haut correspond au canal gauche, et celle du bas au canal droit.

Chaque point bleu représente un échantillon.

Bibliographie

- [1] John Swindle. Robot location using three omnidirectional sound beacons. 2010.