

Etudiant(s) :	Soleilhac Bastien / Hammer Nino	Date :	07/12/2024
Matière :	SAE - 22	Groupe :	TD2 – TP3
Sujet :	Mesurer et caractériser un signal ou un système		

SAE.2.02 : Mesurer et caractériser un signal ou un système

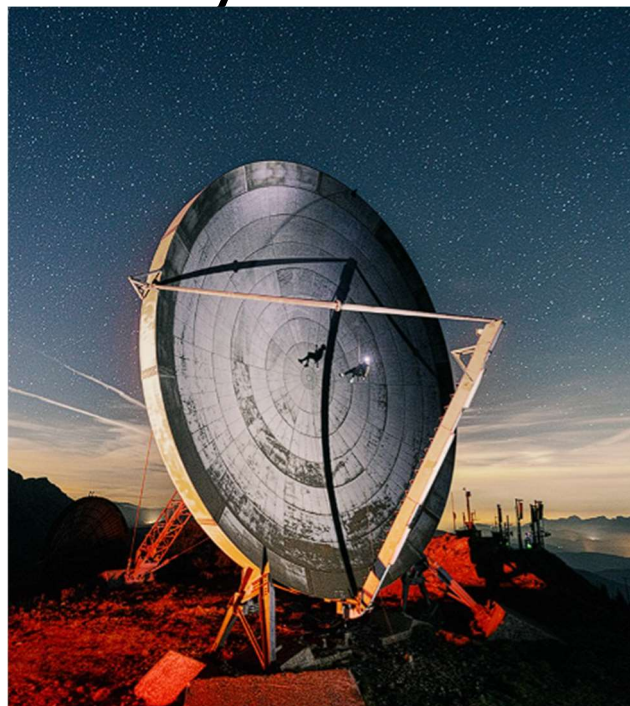


Table des matières

1 Introduction	2
2 Décomposition en tâches / étapes de réalisation de la SAE et la répartition des tâches pour chacun des membres	3
3 Explications scientifiques de la conception avec calculs et représentation observées :	4
3.1 Simulation modulation sans porteuse	4
3.2 Simulation modulation avec porteuse	7
3.2 Modulation entre 2 ordinateurs	10
3.3 Qualité du son obtenue	11
3.4 Description de différents blocs utilisés	12
4 Conclusion	12

Matière :	SAE-22
Date :	05/2024
Etudiant(s) :	Soleilhac Bastien / Hammer Nino
Sujet :	Mesurer et caractériser un signal ou un système

1 Introduction

Ce compte rendu présente notre projet de conception et de réalisation d'une chaîne de télécommunications en modulation AM (Amplitude Modulation) avec porteuse, en utilisant l'outil GNU Radio. Ce projet s'inscrit dans le cadre de la SAE 22 sur la maîtrise des bases de la conception de systèmes de télécommunications.

La modulation AM avec porteuse est une technique de modulation de signal largement utilisée dans les systèmes de radiodiffusion analogique. Ce projet a pour objectif de comprendre et de mettre en pratique les concepts théoriques de la modulation AM, tout en utilisant des outils modernes de simulation et de test comme GNU Radio.

La décomposition du projet en différentes tâches permet d'aborder méthodiquement les différentes étapes de la conception et de la réalisation. Chacune des étapes a été attribuée de manière équitable entre les membres de l'équipe afin d'optimiser le temps et les compétences de chacun. Un planning détaillé a été établi pour assurer le suivi et la réalisation des objectifs dans les délais impartis.

Ce document est structuré comme suit :

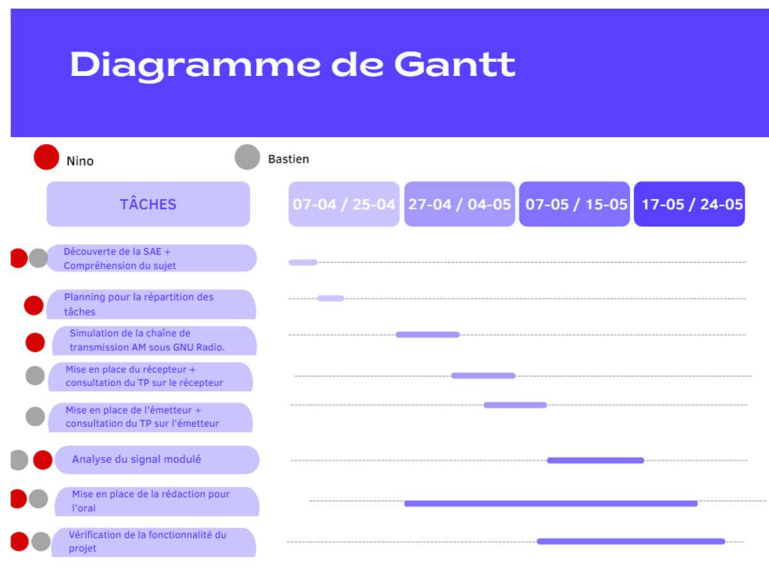
- **Décomposition en tâches et répartition des responsabilités** : Cette section détaille les différentes étapes de la SAE et la répartition des tâches entre les membres de l'équipe.
- **Planning du projet** : Un calendrier des activités prévues jusqu'à la présentation finale.
- **Explications scientifiques et justifications mathématiques** : Une description détaillée de notre conception, accompagnée des équations mathématiques et des représentations spectrales observées.
- **Résultats et tests** : Les captures d'écran des graphes et les résultats des tests effectués pour valider la transmission AM.

Nous espérons que ce compte rendu fournira une vue d'ensemble claire et détaillée de notre projet, de la conception théorique à la mise en œuvre pratique, en passant par la validation expérimentale.

Matière :	SAE-22
Date :	05/2024
Etudiant(s) :	Soleilhac bastien / Hammer Nino
Sujet :	Mesurer et caractériser un signal ou un système

2 Décomposition en tâches / étapes de réalisation de la SAE et la répartition des tâches pour chacun des membres

Pour réaliser notre projet de chaîne de télécommunications en modulation AM avec porteuse, nous avons divisé le travail en différentes tâches et les avons réparties. Chaque tâche est planifiée sur une période spécifique :



La première étape implique la compréhension complète des exigences du projet et la familiarisation avec les concepts théoriques et pratiques nécessaires pour la réalisation du projet. Nous avons donc été particulièrement attentifs à cette étape.

L'un des deux s'occupe de la charge la simulation de la chaîne de transmission AM en utilisant GNU Radio, afin de modéliser et de comprendre le comportement du système avant sa mise en œuvre physique.

Parallèlement à la mise en place du récepteur, L'autre membre configure le récepteur, en s'assurant qu'il fonctionne correctement pour la transmission du signal AM. On procède à l'analyse du signal modulé pour vérifier la qualité et

Matière :	SAE-22
Date :	05/2024
Etudiant(s) :	Soleilhac bastien / Hammer Nino
Sujet :	Mesurer et caractériser un signal ou un système

l'intégrité de la modulation AM. Cette analyse permet de détecter et de corriger d'éventuelles erreurs.

Les étapes ci-contre auront été particulièrement compliqués. Il est donc fort probable que le diagramme de Gantt est légèrement changé en fonction du temps.

Nous avons donc collaboré pour préparer la présentation orale du projet. Ils mettent en forme la documentation et préparent les supports visuels nécessaires pour une présentation claire et convaincante.

Avant la présentation finale, nous avons effectués des tests complets pour vérifier que le système de transmission AM fonctionne comme prévu. Nous nous sommes assurés que tous les composants du projet sont opérationnels et prêts pour la démonstration.

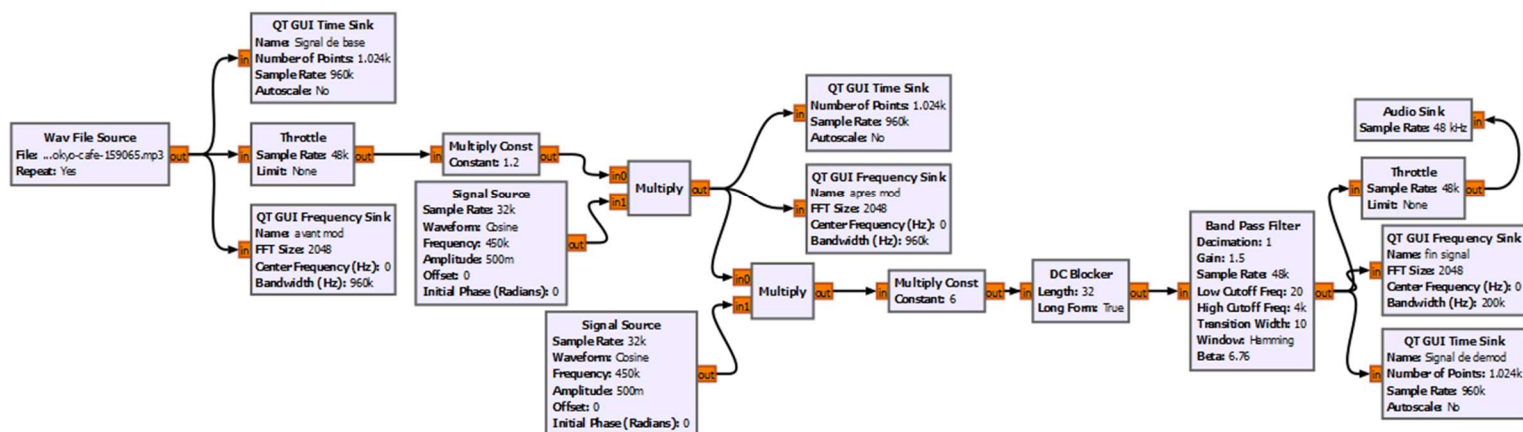
Cette répartition des tâches permet de gérer efficacement le temps et les compétences de chaque membre de l'équipe.

3 Explications scientifiques de la conception avec calculs et représentation observées :

3.1 Simulation modulation sans porteuse

Dans un premier temps, nous devions réaliser la simulation de la chaîne de transmission AM sous GNU Radio, nous devions donc mettre en place une simulation d'une modulation AM avec porteuse et puis une démodulation AM. C'est ici, que nous avons commencé à rencontrer des difficultés. C'est pour cela que nous avons commencé par mettre en place une simple modulation et démodulation sans porteuse, dans le but de bien comprendre comment fonctionne GNU radio et ces différents blocs. En effet, une modulation sans porteuse est plus simple à mettre en place car elle ne nécessite pas la récupération de la porteuse. Voici donc le schéma de notre première chaîne de modulation AM sans porteuse.

Matière :	SAE-22
Date :	05/2024
Etudiant(s) :	Soleilhac bastien / Hammer Nino
Sujet :	Mesurer et caractériser un signal ou un système



Le fonctionnement de la modulation sans porteuse est relativement simple, il suffit de prendre un signal que l'on veut moduler, (ici une musique), puis de le multiplier par une porteuse (qui est un signal sinusoïdal, ici, d'une fréquence de 450 000 Hz et avec une amplitude de 0.5). Une fois ceci fait, nous avons un signal modulé. Ensuite, pour démoduler ce signal, il nous suffit de remultiplier notre signal modulé par la porteuse.

Autrement dit, si on fait le raisonnement mathématique derrière notre schéma, cela va donner ceci :

On peut écrire notre signal à moduler de cette forme : $A_m \cos(2\pi f_m t + \phi_m)$

Et notre porteuse sous cette forme : $A_p \cos(2\pi f_p t + \phi_p)$

Si on effectue la multiplication de ces deux éléments, on va donc obtenir :

$$A_p \cos(2\pi f_p t + \phi_p) \cdot A_m \cos(2\pi f_m t + \phi_m) \\ \Leftrightarrow A_m A_p \cos(2\pi f_p t + \phi_p) \cos(2\pi f_m t + \phi_m)$$

En utilisant la formule $\cos(A)\cos(B) = 1/2[\cos(A+B) + \cos(A-B)]$ on obtient :

$$A_m A_p 1/2 [\cos((2\pi f_p t + \phi_p) + (2\pi f_m t + \phi_m)) + \cos((2\pi f_p t + \phi_p) - (2\pi f_m t + \phi_m))]$$

Matière :	SAE-22
Date :	05/2024
Etudiant(s) :	Soleilhac bastien / Hammer Nino
Sujet :	Mesurer et caractériser un signal ou un système

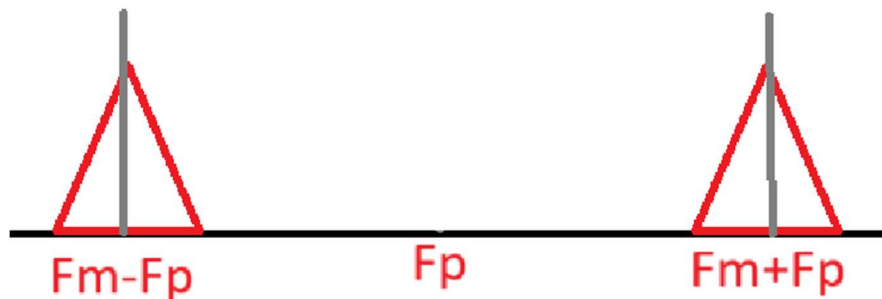
Après simplification cela donne :

$$(AmAp)/2[\cos(2\pi(fp+fm)t+(\phi m-\phi p))+\cos(2\pi(fp-fm)t+(\phi m+\phi p))]$$

Or, le déphasage de notre signal est nul, donc on obtient :

$$(AmAp)/2[\cos(2\pi(fp+fm)t)+\cos(2\pi(fp-fm)t)]$$

La représentation spectrale de ce signal est le suivant :



Ceci est donc notre signal modulé qui a deux composantes de fréquence $fp+fm$ et $fp-fm$.

Maintenant, si nous voulons démoduler le signal, il nous suffit de multiplier notre signal modulé par la porteuse comme ceci :

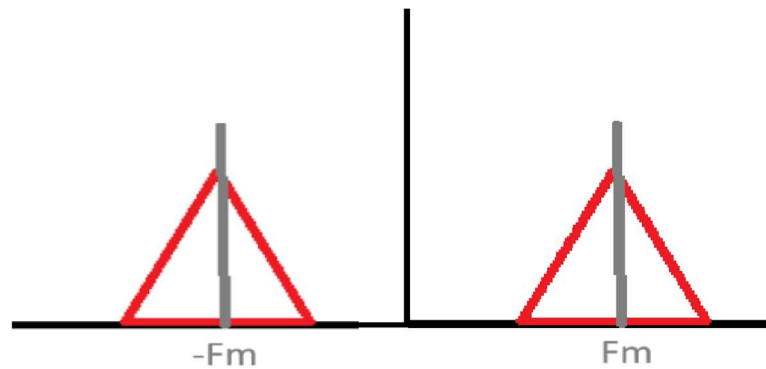
$$\begin{aligned} & (AmAp)/2[\cos(2\pi(fp+fm)t)+\cos(2\pi(fp-fm)t)]*Apcos(2\pi fpt+\phi) \\ \Leftrightarrow & (AmAp^2)/2[\cos(2\pi(fp+fm)t)\sin(2\pi fpt)+\cos(2\pi(fp-fm)t)\sin(2\pi fpt)] \end{aligned}$$

En utilisant la formule $\sin a * \cos b = 1/2 [\sin(a+b) + \sin(a-b)]$, on peut en déduire cela :

$$\begin{aligned} & (AmAp^2)/2*1/2[\sin(2\pi fpt+2\pi(fp+fm)t)+\sin(2\pi fpt-2\pi(fp+fm)t)] \\ \Leftrightarrow & (AmAp^2)/4[\sin(4\pi fpt+(2\pi fmt))+\sin(2\pi fmt)] \end{aligned}$$

Voici la représentation spectrale du signal démodulé :

Matière :	SAE-22
Date :	05/2024
Etudiant(s) :	Soleilhac bastien / Hammer Nino
Sujet :	Mesurer et caractériser un signal ou un système



Dans notre signal démodulé, on récupère 2 composantes ayant comme fréquence f_m et $-f_m$. On retrouve bien notre signal à la bonne fréquence, mais à une amplitude atténuée.

En effet vue que $A_p = 0.5$

On a :

$$A_m \cdot 0.5^2 / 4 = (A_m \cdot 1/4) / 4 = A_m / 16$$

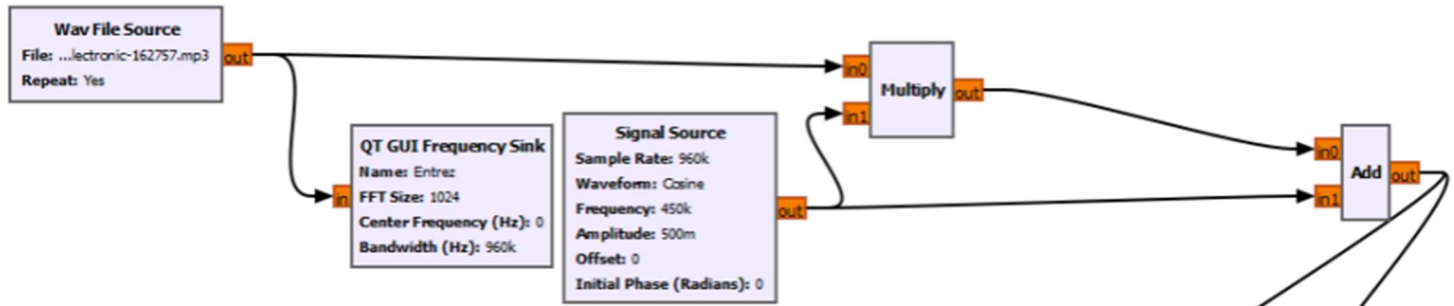
Donc l'amplitude d'origine est divisée par 16.

3.2 Simulation modulation avec porteuse

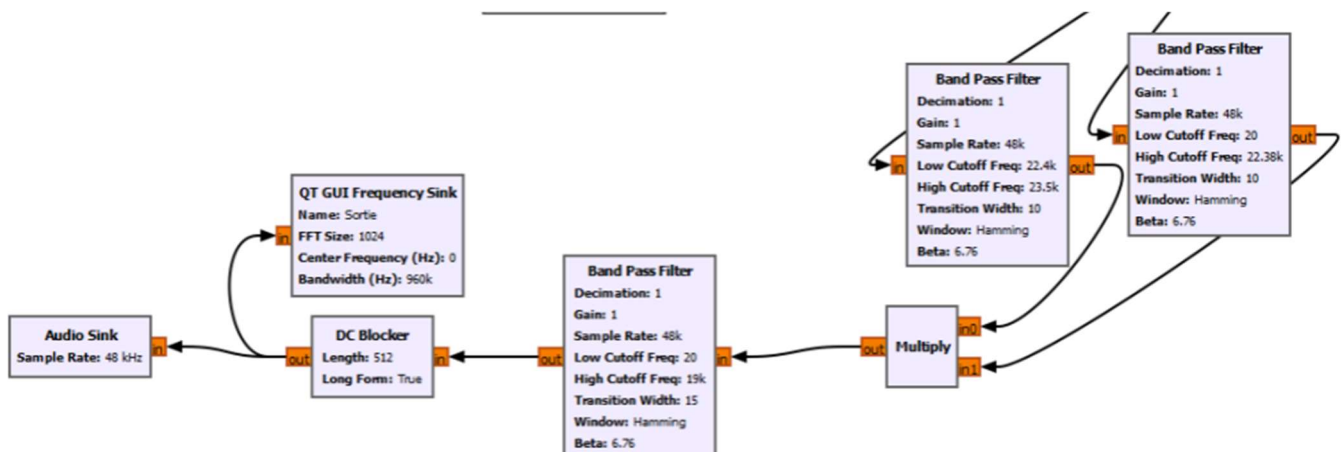
Maintenant que nous en avons appris plus sur comment utiliser GNU radio, nous pouvons essayer de faire la simulation de la chaîne de transmission AM avec porteuse. Dans le principe, cela est assez simple, il suffit de prendre le schéma de l'émetteur réalisé pour la modulation AM sans porteuse, mais de rajouter la porteuse avant d'envoyer le signal. Puis pour le récepteur, il faut récupérer la porteuse pour ensuite la remultiplier par le signal modulé comme pour le démodulateur AM sans porteuse. Pour enfin avoir le signal démodulé. Après plusieurs essais avec différentes valeurs, avec différents blocs, nous avons choisi de garder une simulation relativement simple, car cette dernière est plus facile à appréhender et fonctionne de manière correcte avec une qualité sonore suffisante au vu de nos exigences.

Pour la simulation du récepteur, nous sommes arrivés à construire ce schéma sous GNU radio :

Matière :	SAE-22
Date :	05/2024
Etudiant(s) :	Soleilhac bastien / Hammer Nino
Sujet :	Mesurer et caractériser un signal ou un système



Et pour le démodulateur, nous avons ceci :



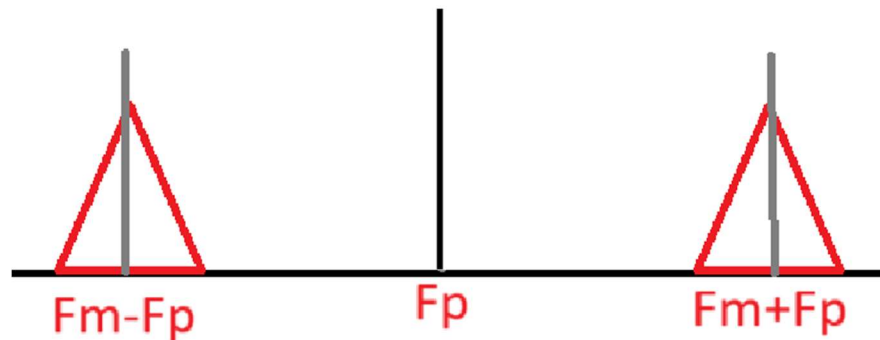
On rappelle que pour faire la simulation de la chaîne de transmission AM avec porteuse, la fréquence de la porteuse devait être à 450 KHz.

Pour cette modulation, nous effectuons toujours la multiplication du signal avec la porteuse, mais en plus de cela, nous additionnons également la porteuse pour pouvoir la récupérer lors de la démodulation, ce qui nous donne comme signal en fin de modulation :

$$(AmAp)/2[\cos(2\pi(fm-fp)t)-\cos(2\pi(fm+fp)t)]+ Apsin(2\pi fpt)$$

Donc en terme de fréquence nous avons ceci :

Matière :	SAE-22
Date :	05/2024
Etudiant(s) :	Soleilhac bastien / Hammer Nino
Sujet :	Mesurer et caractériser un signal ou un système

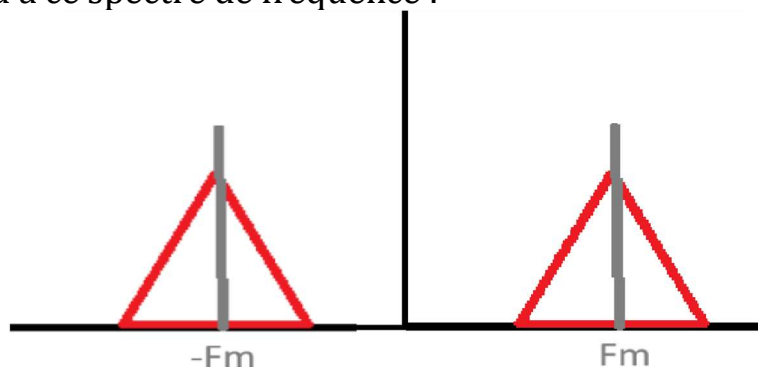


Un détail important vu que nous avons envoyé la porteuse, nous la retrouvons sur le spectre des fréquences.

Ensuite, pour démoduler ce signal, nous récupérerons la porteuse grâce à un band pass filter. Une fois cette porteuse récupérée, nous pouvons de nouveau la re-multiplier à notre signal modulé pour pouvoir obtenir notre signal à la sortie. À la suite de la multiplication, nous obtenons donc ce signal :

$$(AmAp^2)/4[\sin(2\pi f_m t) - \sin(2\pi f_c t)]$$

Qui correspond à ce spectre de fréquence :



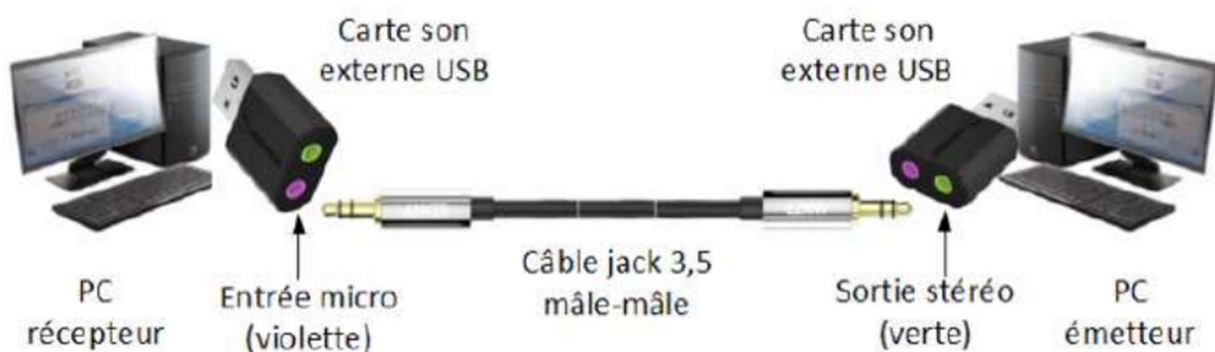
Tout comme la modulation sans porteuse, nous récupérons notre signal de fréquence F_m et nous avons aussi en plus un signal en $-F_m$, mais ce dernier ne nous intéresse pas.

Pour réussir la modulation avec porteuse nous avons eu quelques problèmes notamment notre son coupé toutes les secondes. Après avoir détecté ce dernier, nous avons investigué pour enfin trouver que si la fréquence (le samp rate) d'échantillonnage dans les blocs "Band Pass Filter" était trop élevée cette dernière causerait des coupures de son. Nous avons donc dû diminuer la fréquence d'échantillonnage, pour enlever ces coupures.

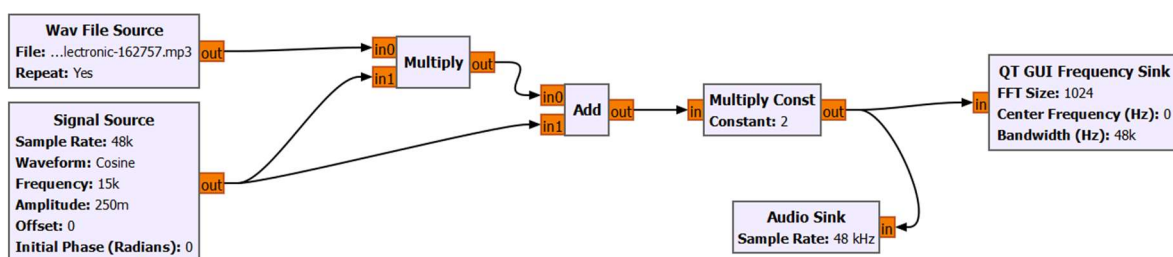
Matière :	SAE-22
Date :	05/2024
Etudiant(s) :	Soleilhac bastien / Hammer Nino
Sujet :	Mesurer et caractériser un signal ou un système

3.2 Modulation entre 2 ordinateurs

Maintenant, nous allons devoir mettre en place notre modulation entre deux ordinateurs, pour cela, nous allons reprendre la simulation faite en amont. Nous avons récupéré le modulateur pour le mettre sur un premier ordinateur, de même avec le démodulateur. Nous avons ensuite modifié la fréquence de la porteuse. Avant elle était à 450 kHz, maintenant nous allons la passer à 15 kHz. En faisant cela, nous avons besoin d'une fréquence d'échantillonnage beaucoup moins élevée donc nous n'avons plus le problème du son qui se coupe toutes les secondes. Vu que nous avons déjà construit, comme expliquer plus haut, le schéma sous GNU radio d'une modulation d'amplitude avec porteuse, nous allons changer les valeurs des fréquences.



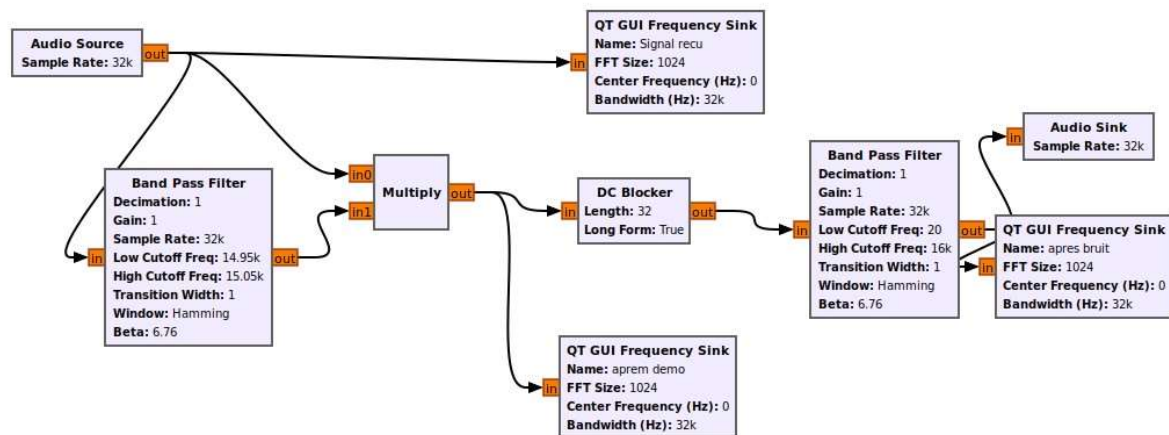
Voici le schéma de notre modulateur qui est sur le PC émetteur :



Nous modulons donc notre signal, comme expliquer plus et ensuite nous l'envoyons à l'autre pc, notamment grâce au bloc Audio Sink.

Voici le schéma de notre démodulateur, qui est présent sur le PC récepteur, nous récupérerons notre signal modulé grâce au bloc audio source :

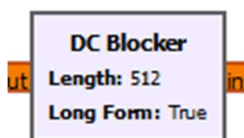
Matière :	SAE-22
Date :	05/2024
Etudiant(s) :	Soleilhac bastien / Hammer Nino
Sujet :	Mesurer et caractériser un signal ou un système



Grâce à ces deux graphes fait sous GNU radio, nous avons pu obtenir une modulation AM d'un signal. Il permet de moduler des sons entre deux ordinateurs distants grâce à la modulation d'amplitude. Ils reprennent la même logique mathématique vue plus haut (notamment dans la partie « 3.2 Simulation modulation avec porteuse » qui s'appuie elle-même sur la partie « 3.1 Simulation modulation sans porteuse »). Nous pouvons donc dire que nous avons réussi à créer une chaîne de modulation AM complète.

3.3 Qualité du son obtenue

Dans un optique d'avoir la meilleure qualité de son possible, nous avons rajouter quelques blocs. Le premier bloc que nous avons rajouté est un band pass filter, celui-ci nous permet de filtrer toutes les fréquences non-audibles par l'oreille humaine, nous laissons donc passer que les fréquences de 20 à 20000 Hz. Nous avons utilisé deux fois ce bloc, une première fois directement après le signal source, ce qui garantit de ne moduler que les fréquences audibles pour l'Homme. Et un deuxième avant d'écouter le signal pour éliminer les fréquences nuisant dues à la modulation et pour éliminer certains bruits générés par les composants ou le câble.



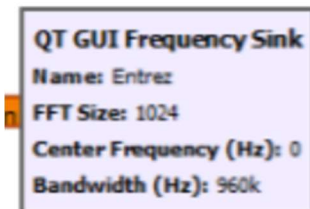
Ensuite, nous avons utilisé le bloc DC Blocker qui permet de bloquer les composantes continue de notre signal qui, auparavant, généraient du bruit supplémentaire. Nous avons positionné ce bloc après la démodulation du signal.

Matière :	SAE-22
Date :	05/2024
Etudiant(s) :	Soleilhac bastien / Hammer Nino
Sujet :	Mesurer et caractériser un signal ou un système

Grâce à ceci, nous avons pu avoir une simulation de la modulation sur un unique ordinateur, avec une qualité correcte. Cette dernière pourrait sûrement être améliorée, cependant la qualité reste bien, et permet de reconnaître le son facilement avec un bruit respectable.

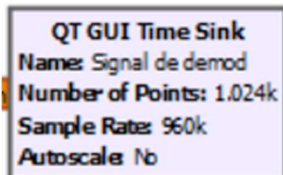
Entre deux ordinateurs, le son est un peu moins propre, il y a un peu plus de bruit, notamment certains venant de la carte son externe USB et du câble. La qualité pourrait être grandement améliorée si nous avions du matériel de plus haute qualité.

3.4 Description de différents blocs utilisés



Nous avons également utilisé le bloc GT GUI Frequency Sink pour surveiller la fréquence du signal reçu en temps réel. Cela peut être utile pour observer les variations de la fréquence de la porteuse Am par exemple...

Un autre bloc important, c'est le bloc GT GUI Time Sink qui peut être utilisé pour surveiller le signal reçu dans le domaine temporel. Cela nous a permis de visualiser l'amplitude du signal en fonction du temps, ce qui peut être utile pour observer les fluctuations du signal AM. En examinant le signal dans le domaine temporel, on peut obtenir des informations supplémentaires sur la qualité du signal.



4 Conclusion

La réalisation de notre projet de chaîne de télécommunications en modulation AM avec porteuse, en utilisant l'outil GNU Radio, nous a permis d'acquérir une compréhension approfondie des concepts et techniques liés à la modulation analogique. Ce projet a été structuré méthodiquement, en décomposant les tâches essentielles et en répartissant les responsabilités de manière équilibrée entre les membres de notre équipe.

Au cours de ce projet, nous avons abordé plusieurs étapes clés, depuis la compréhension initiale des exigences et la planification des tâches, jusqu'à la simulation et la mise en œuvre des composants de la chaîne de transmission.

Matière :	SAE-22
Date :	05/2024
Etudiant(s) :	Soleilhac bastien / Hammer Nino
Sujet :	Mesurer et caractériser un signal ou un système

Nous avons également mené une analyse détaillée des signaux modulés et vérifié la fonctionnalité de notre système pour assurer son bon fonctionnement.

Les résultats obtenus confirment la validité de notre conception et de nos simulations sous GNU Radio. Les tests finaux ont démontré que notre émetteur et notre récepteur AM fonctionnent correctement, permettant une transmission efficace des signaux modulés. De plus, les représentations spectrales observées et les analyses mathématiques ont corroboré nos attentes théoriques.

Nous avons également été aidés par les différentes ressources vues cette année, comme la ressource R205 où nous avons appris tout approfondissement lié aux signaux. Mais également la ressource R213 pour le côté plutôt mathématique, lié notamment aux parties 3.1 et 3.2.

Pour comprendre ce que nous faisons en TP, les TD de la ressource R205 ont été cruciaux pour la réussite et la compréhension de ce projet.

Cette expérience nous a non seulement permis de renforcer nos compétences techniques, mais aussi de développer des compétences en gestion de projet, en planification et en travail d'équipe. Nous avons appris à utiliser des outils modernes de simulation et de test, ce qui sera précieux pour nos futures entreprises professionnelles.

En conclusion, ce projet a été une réussite tant sur le plan de l'apprentissage que de la mise en pratique. Il constitue une base solide pour des projets futurs plus complexes dans le domaine des télécommunications et de la modulation des signaux.