

04/10/2024

BODIN Noé

COLIN Guillaume

DOUANT Antoine

LE COQ Justine

Rapport SIT213

Atelier Logiciel

Simulation d'un système de transmission

Étape 4

Introduction.....	2
1. Conception des composants.....	3
1.1 TransmetteurAnalogiqueMultiTrajet.....	3
2. Connexion des composants.....	4
2.1 Connexion dans la chaîne de transmission analogique avec bruit et trajets multiples.....	4
2.2 Rôles des sondes dans la connexion.....	5
3. Tests.....	5
3.1 Objectifs des tests.....	5
3.2 Structure des tests.....	6
3.3 Exécution des tests.....	6
3.4 Résultats des tests.....	7
3.5 Couverture de code avec Emma.....	7
4. Simulation d'une transmission avec un canal à trajets multiples bruité gaussien.....	8
Conclusion.....	10

Introduction

L'étape 4 du projet introduit la simulation d'un canal de transmission avec trajets multiples combiné à un bruit blanc gaussien, si activé. Ce type de canal est caractérisé par des copies du signal émis qui arrivent à la destination avec un retard et une atténuation. Cela permet de simuler les effets des interférences ou des échos causés par des obstacles ou des réflexions dans des environnements réels. Le bruit gaussien est également ajouté (quand il est activé) au signal pour modéliser les perturbations qui affectent inévitablement la qualité de transmission.

L'objectif de cette étape est de comprendre l'impact de ces phénomènes sur la qualité de la transmission en analysant le taux d'erreur binaire, qui quantifie la proportion de bits erronés après réception. Cette simulation permet de tester la robustesse du système dans des conditions de transmission réalistes où les interférences entre symboles et le bruit sont omniprésents.

À travers la modélisation et l'implémentation d'un transmetteur analogique multi-trajet, nous avons pu observer l'effet du retard et de l'atténuation des trajets supplémentaires, ainsi que l'influence du bruit sur le signal.

1. Conception des composants

1.1 TransmetteurAnalogiqueMultiTrajet

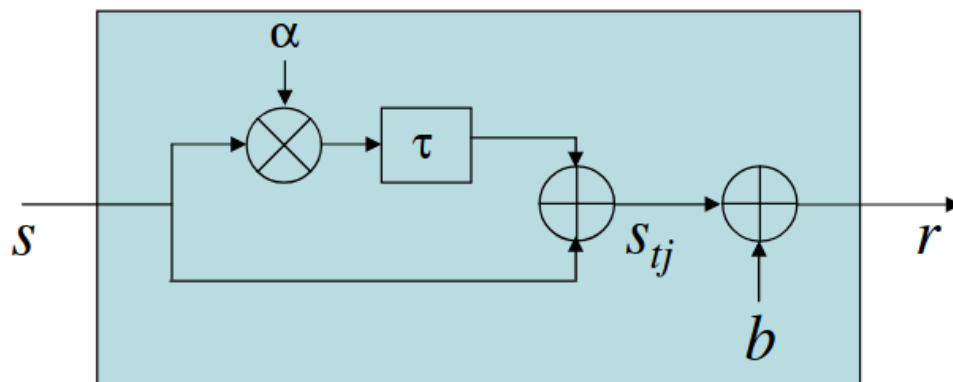
Le TransmetteurAnalogiqueMultiTrajet est une extension du Transmetteur. Ce transmetteur modélise un canal avec des copies retardées et atténuées du signal original (cinq au maximum). Les autres trajets sont caractérisés par deux paramètres principaux :

- **Tau** (variable τ) : Le retard du second trajet, exprimé en nombre d'échantillons.
- **Alpha** (variable α) : Le coefficient d'atténuation du second trajet, qui modélise la perte d'intensité du signal pour la copie retardée, entre 0 et 1.

Chaque échantillon est retardé et atténué, puis ajouté au signal global, pour chaque trajet, grâce à la méthode "ajouterTrajetsMultiples".

Il est possible de lancer le simulateur en mode multi-trajets avec ou sans bruit. De plus, nous avons ajouté un paramètre "-snr" en plus du paramètre "-snrpb", afin de définir le SNR global, snrpb indique lui le E_b/N_0 . Les deux sont fonctionnels, mais il n'est pas possible d'utiliser les deux simultanément.

Si le bruit est activé, alors nous utilisons la classe "TransmetteurAnalogiqueBruite", sur le signal avec multi-trajets. Le bruit blanc additif gaussien est généré et ajouté à chaque échantillon du signal pour simuler les perturbations naturelles du canal, en fonction du snr ou snrpb.



Signal reçu : $r(t) = s(t) + \alpha s(t - \tau) + b(t)$

2. Connexion des composants

La connexion des composants est essentielle pour permettre le passage fluide des informations depuis la source jusqu'à la destination finale, tout en tenant compte des transformations introduites par les trajets multiples et le bruit gaussien. Le simulateur suit une structure modulaire, où chaque composant est responsable d'une étape spécifique de la transmission.

2.1 Connexion dans la chaîne de transmission analogique avec bruit et trajets multiples

La chaîne de transmission comprend une source logique, un émetteur analogique, un transmetteur analogique multi-trajet (qui introduit le retard, l'atténuation et le bruit), un récepteur et des sondes. La connexion des composants se fait de la manière suivante :

- **Source → Émetteur** : La Source Fixe ou Aléatoire génère une séquence binaire qui est transmise à l'émetteur. Ce dernier modifie le signal binaire logique en un signal analogique, selon la modulation définie, le nombre d'échantillons, et l'amplitude.
- **Émetteur → Transmetteur Analogique Multi-Trajet** : Une fois que l'émetteur a modifié le signal logique en signal analogique, ce signal est transmis au TransmetteurAnalogiqueMultiTrajet. Ce composant modélise les trajets multiples. Les autres trajets sont définis par un retard (τ , Δt) et une atténuation (α , a_r).
- **Transmetteur Analogique Multi-Trajet → Transmetteur Analogique Bruité** : Le signal analogique, après avoir été modifié par les trajets multiples, est transmis au Transmetteur Analogique Bruité. Qui ajoute le bruit blanc Gaussien en fonction du SNR (ou E_b/N_0), et du nombre d'échantillons par bits.
- **Transmetteur Analogique Bruité → Récepteur** : Le signal analogique, après avoir été modifié par les trajets multiples et le bruit, est transmis au récepteur. Le rôle du récepteur est de démoduler ce signal analogique pour le convertir en information logique. Il utilise les amplitudes maximales et minimales du signal pour déterminer les bits correspondants (1 ou 0), en fonction de la modulation utilisée.
- **Récepteur → Destination finale** : Le récepteur transmet enfin l'information logique récupérée à la DestinationFinale, qui reçoit la séquence de bits démodulée et la compare avec l'information initialement émise par la source. Le simulateur utilise la destination finale pour calculer le Taux d'Erreur Binaire, permettant d'évaluer la qualité de la transmission en prenant en compte les erreurs introduites par les bruits.

Dans le cas où il n'y aurait pas de bruit (paramètre pas activé), le Transmetteur Analogique Multi-Trajet envoie directement les données au Récepteur.

2.2 Rôles des sondes dans la connexion

Les sondes permettent de visualiser l'évolution du signal à différentes étapes de la chaîne de transmission. Elles peuvent être placées après l'émetteur pour observer le signal analogique avant l'introduction du bruit, après le transmetteur pour visualiser l'impact des trajets multiples et du bruit, et après le récepteur pour vérifier le message logique reçu.

- **SondeAnalogique** : Capture et visualise le signal analogique à différents points (après l'émetteur, le transmetteur multi-trajet et le transmetteur bruité).
- **SondeLogique** : Visualise le message binaire émis avant modulation et reçu après la démodulation

3. Tests

3.1 Objectifs des tests

Les tests ont pour objectifs de :

- **Valider le comportement individuel de chaque composant** : vérifier que les sources, émetteurs, transmetteurs et récepteurs fonctionnent correctement et produisent les résultats attendus.
- **Tester l'intégration des composants** : s'assurer que la connexion des composants de la chaîne de transmission permet la transmission correcte du message et que le taux d'erreur binaire est calculé avec précision.
- **Vérifier l'impact des trajets multiples et du bruit** : évaluer comment le retard, l'atténuation et le bruit gaussien affectent le signal transmis et modifient la qualité de la transmission.
- **Mesurer la performance du simulateur** : calculer le TEB pour différents scénarios, en fonction des paramètres du canal (tau, alpha, SNR).

3.2 Structure des tests

Les tests ont été organisés à l'aide de JUnit, avec des tests unitaires et d'intégration pour chaque composant principal de la chaîne de transmission. Voici les principaux cas de test :

- **TransmetteurAnalogiqueMultiTrajetTest** : Cette classe de test permet de tester le comportement du transmetteur avec trajets multiples en simulant un canal avec différentes valeurs de tau (retard) et alpha (atténuation). Le test vérifie que le signal final contient à la fois le trajet direct et le trajet retardé, modifiés par le bruit si activé. Aussi, lève les bonnes exceptions s'il y a un problème, par exemple, avec des valeurs incorrectes.
- **SimulateurTest** : Cette classe de test valide l'intégration de tous les composants dans une chaîne de transmission complète. Le test vérifie que le TEB est correctement calculé en fonction du signal émis et reçu et qu'il varie en fonction du rapport signal/bruit.

3.3 Exécution des tests

Les tests sont exécutés à l'aide d'un script JUnit qui permet de lancer tous les tests de manière automatisée et groupée. L'exécution est gérée par la classe AllTests, qui regroupe l'ensemble des tests unitaires et d'intégration pour s'assurer que chaque composant fonctionne individuellement, et que l'ensemble du simulateur est stable. Pour exécuter, nous compilons avec le script `“./compile”`, puis utilisons le script `“./runTests”`

Les tests sont lancés dans différents scénarios de transmission, en ajustant des paramètres tels que le SNR, τ (retard des trajets) et α (atténuation des trajets). Ces variations permettent de vérifier que le simulateur réagit correctement à des environnements de transmission différents. De plus, des paramètres incorrects sont utilisés pour vérifier que les bonnes exceptions sont données et qu'aucun bug n'est produit.

3.4 Résultats des tests

Les résultats des tests montrent que les composants individuels (source, émetteur, transmetteur, récepteur) fonctionnent correctement selon leurs spécifications. Les tests sur le TransmetteurAnalogiqueMultiTrajet ont démontré que les valeurs de tau et alpha influencent effectivement la qualité du signal reçu et que le bruit gaussien affecte la précision du signal. Le TEB est correctement calculé et varie comme prévu avec la réduction du SNR. Dans les scénarios avec faible SNR, le TEB augmente, ce qui montre que le simulateur réagit bien aux conditions de transmission dégradées.

3.5 Couverture de code avec Emma

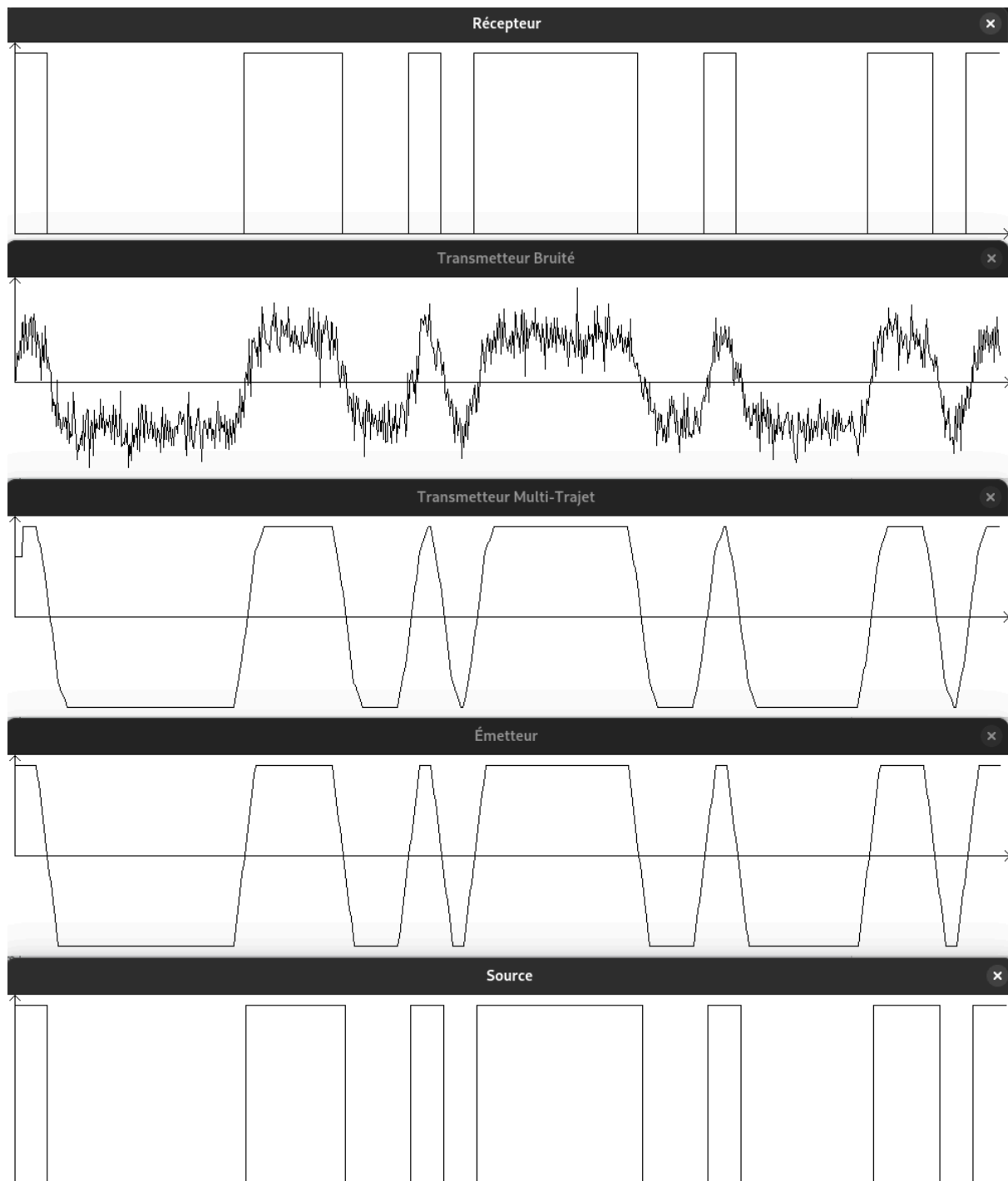
L'outil Emma a été utilisé pour mesurer la couverture des tests sur l'ensemble du projet. Les résultats sont les suivants :

Element	Coverage	Covered Instructions	Missed Instructions	Total Instructions
▼ sit213	86,4 %	8 044	1 269	9 313
▶ tests	91,1 %	4 678	459	5 137
▼ src	80,6 %	3 366	810	4 176
▼ transmetteurs	94,9 %	1 442	78	1 520
▶ Emetteur.java	95,4 %	436	21	457
▶ Recepteur.java	96,2 %	333	13	346
▶ TransmetteurAnalogiqueBruite.java	87,1 %	277	41	318
▶ TransmetteurAnalogiqueMultiTrajet.java	98,9 %	278	3	281
▶ TransmetteurAnalogiqueParfait.java	100,0 %	47	0	47
▶ TransmetteurParfait.java	100,0 %	36	0	36
▶ Transmetteur.java	100,0 %	35	0	35
▶ simulateur	71,3 %	982	395	1 377
▶ visualisations	64,8 %	612	333	945
▶ sources	100,0 %	174	0	174
▶ information	96,6 %	113	4	117
▶ destinations	100,0 %	43	0	43

Les résultats montrent une couverture élevée, confirmant que l'essentiel du code a été testé et validé. La couverture légèrement plus faible de certains éléments, indique que des cas spécifiques peuvent être ajoutés lors des futures itérations pour renforcer la robustesse des tests. Globalement, la couverture est très satisfaisante, assurant que le projet a été largement vérifié pour détecter d'éventuelles anomalies ou régressions. Certaines classes ou méthodes n'ont pas besoin d'être testées (par exemple, la création des fichiers), ceci influe sur la couverture des tests.

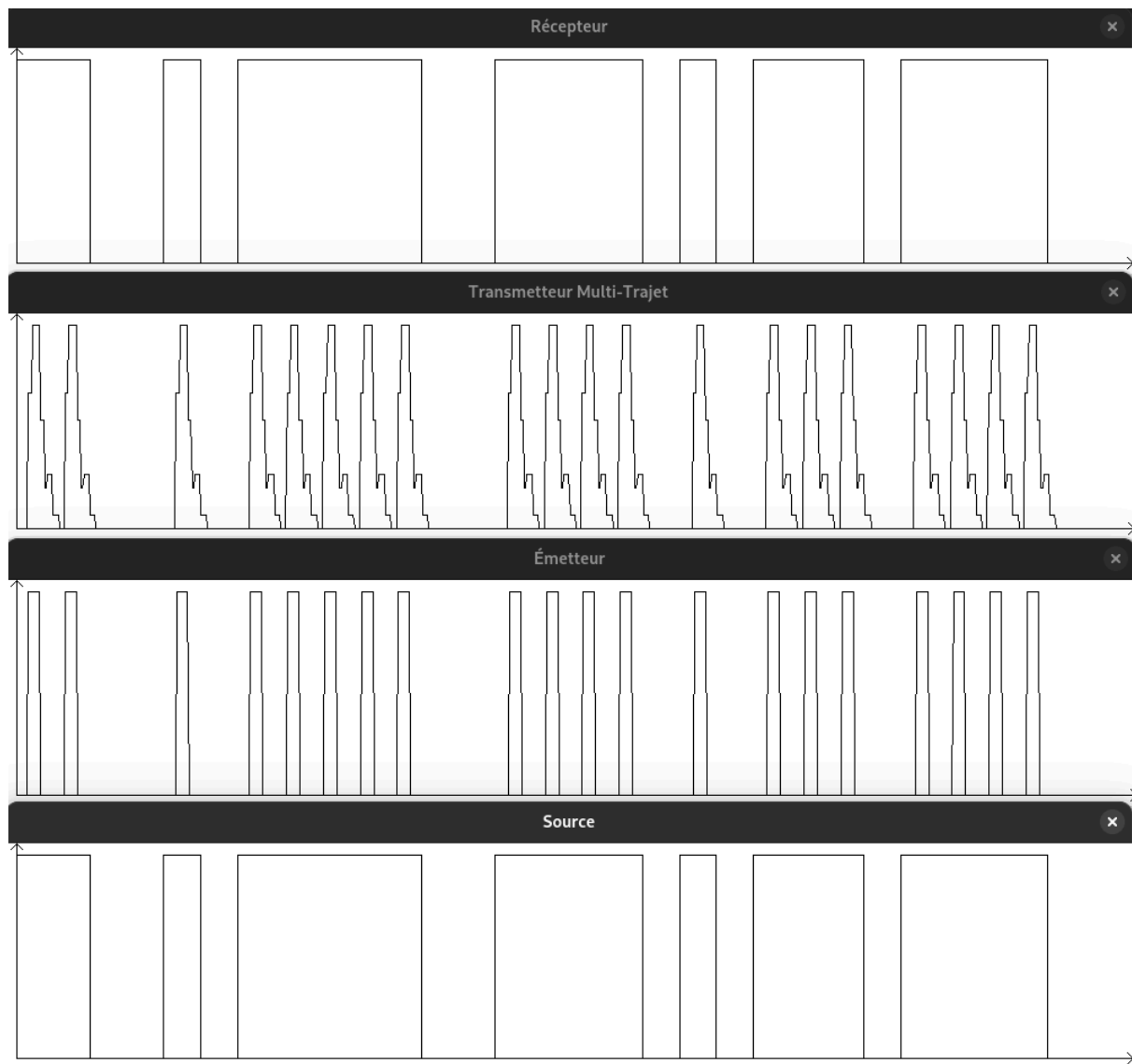
4. Simulation d'une transmission avec un canal à trajets multiples

En lançant avec du bruit et un multi trajet “./simulateur -s -mess 30 -form NRZT -seed 1 -nbEch 30 -ampl -1.0 1.0 -snrpb 20 -ti 8 0.5”, on obtient :



On observe bien une distorsion du signal amenée par le mutli-trajets, le signal semble plus arrondi. En utilisant la modulation NRZT, on retrouve un problème, les quelques premiers échantillons ne sont pas bien gérés

Et, sans bruit, avec plusieurs multi-trajets “./simulateur -s -mess 30 -ti 3 0.5 10 0.3 15 0.1”



Dans cette simulation sans bruit, l'effet des composantes multi-trajets est clairement visible. Chaque trajet introduit une version retardée du signal transmis avec des niveaux d'atténuation variables.

Avec des valeurs de mutli-trajet (et bruit), plus importante, le TEB serait significativement affecté négativement.

Conclusion

L'étape 4 du projet a permis de valider l'implémentation des composants de transmission analogique via un canal à trajets multiples combiné à un bruit blanc additif gaussien. À travers cette simulation, nous avons démontré que la chaîne de transmission réagit comme prévu face aux perturbations, notamment en introduisant un retard et une atténuation du signal, ainsi qu'un bruit gaussien quand spécifié.

Les tests ont montré que le Taux d'Erreur Binaire varie en fonction du rapport signal sur bruit et des paramètres de retard et d'atténuation, confirmant que ces facteurs affectent la qualité de la transmission comme attendu.

L'intégration du module TransmetteurAnalogiqueMultiTrajet a été réalisée et testée avec succès. Cette étape montre que la chaîne de transmission peut être simulée dans des environnements comportant des trajets multiples et du bruit, avec une évolution du TEB conforme aux prévisions.

Ces résultats constituent une base solide pour envisager des améliorations du système, notamment par l'ajout de mécanismes de correction d'erreurs ou l'introduction de nouveaux types de bruit pour simuler des environnements de transmission plus variés.