

16/09/2024

BODIN Noé

COLIN Guillaume

DOUANT Antoine

LE COQ Justine

# **Rapport SIT213**

## **Atelier Logiciel**

### **Simulation d'un système de transmission**

## **Étape 2**

<b>Introduction.....</b>	<b>2</b>
<b>1. Conception des composants.....</b>	<b>3</b>
1.1 Émetteur.....	3
1.2 Transmetteur Analogique Parfait.....	4
1.3 Récepteur.....	4
<b>2. Connexion des composants.....</b>	<b>5</b>
2.1 Connexion dans la chaîne analogique.....	5
2.2 Rôles des sondes dans la connexion.....	6
2.3 Connexion dynamique dans le simulateur.....	6
<b>4. Diagramme de classe.....</b>	<b>7</b>
<b>5. Tests.....</b>	<b>8</b>
5.1 Objectifs des tests.....	8
5.2 Structure des tests.....	8
5.4 Exécution des tests.....	9
5.5 Résultats des tests.....	9
5.6 Couverture de code avec Emma.....	9
<b>6. Simulation d'une transmission analogique par un canal parfait.....</b>	<b>10</b>
6.1 Objectif de la simulation.....	10
6.2 Composants impliqués.....	10
6.3 Étapes de la simulation.....	11
6.4 Émission de l'information.....	11
6.5 Réception et analyse de l'information.....	11
6.6 Résultats attendus.....	12
6.6 Résultats obtenus.....	12
<b>Conclusion.....</b>	<b>13</b>

# Introduction

Ce rapport présente la conception, la simulation et la validation d'un système de transmission numérique dans le cadre du module SIT213. Le projet se concentre sur la modélisation d'une chaîne de transmission complète, composée de plusieurs composants clés : sources d'information, transmetteurs et destinations. L'objectif principal est de simuler la transmission d'un message à travers un canal, en commençant par des scénarios idéaux avec un canal parfait, pour ensuite explorer des scénarios plus complexes tels que la transmission analogique et bruitée.

Pour cette étape, nous introduisons de nouveaux composants : l'émetteur, le récepteur, et le transmetteur analogique parfait. Ces composants permettent de moduler et démoduler des signaux analogiques afin de transmettre un message logique sous forme analogique, tout en maintenant une transmission fidèle.

L'accent est mis sur la modélisation et la simulation d'une chaîne de transmission analogique utilisant des modulations telles que NRZ, NRZT, et RZ. L'implémentation de ces modulations permet d'observer l'impact de la conversion logique-analogique et d'évaluer la transmission dans des conditions proches du monde réel

Cette étape inclut également l'utilisation de sondes pour visualiser les signaux analogiques et logiques tout au long de la chaîne de transmission. La précision de la transmission est quantifiée en termes de taux d'erreur binaire (TEB).

# 1. Conception des composants

## 1.1 Émetteur

L'émetteur prend une suite de bits logiques (représentés par des valeurs booléennes) et applique une modulation pour les transformer en un signal analogique.

**Fonctionnement détaillé :**

- **Paramètres de l'émetteur :**
  - $A_{min}$  : L'amplitude du signal analogique représentant un bit logique '0'.
  - $A_{max}$  : L'amplitude du signal analogique représentant un bit logique '1'.
  - $nbEchantillonsParBit$  : Nombre d'échantillons analogiques générés pour chaque bit logique.
  - $typeModulation$  : Type de modulation choisi parmi **NRZ** (Non Return to Zero), **NRZT** (Non Return to Zero Transition), et **RZ** (Return to Zero).
- **Modulation NRZ (Non Return to Zero) :**
  - Le signal analogique reste constant pendant toute la durée du bit. Un bit '1' est représenté par une amplitude égale à  $A_{max}$ , et un bit '0' par une amplitude égale à  $A_{min}$ .
  - Le signal analogique ne retourne pas à zéro entre les bits, ce qui signifie que l'amplitude reste constante tant que les bits successifs ont la même valeur.
- **Modulation NRZT (Non Return to Zero Transition) :**
  - Cette modulation introduit une transition progressive entre les bits '0' et '1'. Pour un changement de bit (de '0' à '1' ou de '1' à '0'), la transition entre  $A_{min}$  et  $A_{max}$  se fait progressivement sur une fraction du bit (le premier et le dernier tiers du bit).
  - Si deux bits consécutifs ont la même valeur, l'amplitude reste stable sans transition.
- **Modulation RZ (Return to Zero) :**
  - Le signal est à zéro au premier et dernier tiers de chaque bit. Ainsi, le second tiers d'un bit '1' est à  $A_{max}$  et le premier et troisième tiers sont à zéro. Pour un bit '0', l'amplitude reste à zéro tout au long de la durée du bit.

**Processus de conversion :** L'émetteur prend les bits logiques et les transforme en un signal analogique en fonction du type de modulation choisi. Pour chaque bit, il génère une série d'échantillons analogiques (dont le nombre est déterminé par  $nbEchantillonsParBit$ ), en respectant les règles propres à la modulation sélectionnée.

## 1.2 Transmetteur Analogique Parfait

Le transmetteur analogique parfait relaie le signal analogique de l'émetteur vers le récepteur sans aucune modification ni altération.

## 1.3 Récepteur

Le récepteur a pour rôle inverse de celui de l'émetteur. Il reçoit un signal analogique, l'analyse et le convertit en une information logique (booléenne).

**Fonctionnement détaillé :**

- **Paramètres du récepteur :**
  - $A_{min}$  : L'amplitude représentant un bit '0' dans le signal analogique.
  - $A_{max}$  : L'amplitude représentant un bit '1' dans le signal analogique.
  - $nbEchantillonsParBit$  : Nombre d'échantillons reçus pour chaque bit.
  - $typeModulation$  : Le type de modulation utilisé pour démoduler le signal, identique à celui appliqué par l'émetteur (**NRZ**, **NRZT**, ou **RZ**).
- **Démodulation NRZ :**
  - Le récepteur collecte les échantillons du signal analogique sur la durée correspondant à un bit. Pour chaque bit, il calcule la moyenne des échantillons reçus.
  - Si la moyenne est supérieure ou égale à la moitié de la différence entre  $A_{min}$  et  $A_{max}$ , le bit est considéré comme un '1'. Sinon, il est interprété comme un '0'.
- **Démodulation NRZT :**
  - Dans le cas de la modulation NRZT, seuls les échantillons du deuxième tiers de chaque bit sont utilisés pour la démodulation. Cette méthode permet de s'affranchir des transitions progressives introduites par la modulation NRZT et de se concentrer sur la partie stable du signal pour une meilleure précision de la démodulation.
- **Démodulation RZ :**
  - Pour cette modulation, le récepteur n'utilise que la deuxième partie du signal (là où l'amplitude est supposée être maximale pour un bit '1') pour déterminer la valeur du bit. Si cette portion du signal est à  $A_{max}$ , le récepteur détermine qu'il s'agit d'un bit '1', sinon, il considère que c'est un bit '0'.

**Processus de démodulation :** Le récepteur reçoit une série d'échantillons analogiques et, selon le type de modulation, il calcule la valeur logique correspondante. Il génère ainsi une information booléenne qui est ensuite envoyée à la destination finale.

## 2. Connexion des composants

La chaîne de transmission dans le simulateur est composée de plusieurs composants interconnectés : une source de données logiques, un émetteur, un transmetteur parfait, un récepteur et une destination finale.

### 2.1 Connexion dans la chaîne analogique

Dans le cadre d'une transmission **analogique**, la chaîne de composants inclut des étapes supplémentaires pour la modulation et la démodulation des informations. La connexion des composants se fait comme suit :

1. **Source → Émetteur :**
  - La source génère une information logique, qui est ensuite transmise à l'émetteur.
  - L'émetteur convertit cette information logique en un signal analogique en fonction du type de modulation sélectionné (NRZ, NRZT, ou RZ).
2. **Émetteur → Transmetteur analogique parfait :**
  - Une fois le signal analogique généré par l'émetteur, celui-ci est transmis au **transmetteur analogique parfait**. Ce composant se comporte comme un relais parfait pour les signaux analogiques, garantissant qu'aucune modification ou distorsion n'est introduite pendant la transmission.
3. **Transmetteur analogique parfait → Récepteur :**
  - Le transmetteur analogique parfait envoie le signal analogique au récepteur. Ce dernier reçoit le signal et le démodule en fonction du type de modulation utilisé à l'émission.
  - Le récepteur récupère ainsi l'information logique (booléenne) correspondant au signal analogique reçu.
4. **Récepteur → Destination :**
  - Le récepteur connecte enfin la destination finale en transmettant l'information logique démodulée. Cette information correspond théoriquement à celle qui a été initialement générée par la source, à condition qu'aucune erreur ne soit survenue dans la transmission.

## 2.2 Rôles des sondes dans la connexion

Lorsqu'elles sont activées, elles permettent de visualiser :

- L'information logique émise par la source (sonde logique).
- Le signal analogique généré par l'émetteur et transmis par le transmetteur analogique parfait (sonde analogique).
- L'information démodulée et reçue par la destination (sonde logique).

Ces sondes permettent de vérifier visuellement que la transmission se déroule correctement à chaque étape.

## 2.3 Connexion dynamique dans le simulateur

La connexion des composants dans le simulateur est effectuée dynamiquement en fonction des arguments fournis par l'utilisateur lors de l'exécution du programme. Par exemple :

- Si une modulation analogique est spécifiée (-form NRZ, -form NRZT, ou -form RZ), le simulateur configure automatiquement une chaîne analogique avec émetteur et récepteur.
- Si aucun argument de modulation n'est fourni, une chaîne purement logique est configurée.
- Les sondes ne sont ajoutées que si l'option -s est activée.

## 5. Tests

### 5.1 Objectifs des tests

L'objectif principal des tests est de valider le bon fonctionnement de chaque composant du simulateur, ainsi que l'intégration globale des différents modules dans la chaîne de transmission. Les tests sont conçus pour vérifier que :

1. Chaque composant individuellement (source, transmetteur, émetteur, récepteur, etc.) fonctionne conformément à ses spécifications.
2. Les interactions entre les composants, lorsque connectés ensemble, produisent les résultats attendus, notamment en termes de transmission correcte des informations.
3. Les calculs, notamment le Taux d'Erreur Binaire, sont corrects et reflètent fidèlement la qualité de la transmission.

### 5.2 Structure des tests

Les tests ont été organisés en une suite de tests JUnit, permettant d'exécuter tous les tests de manière groupée. Voici les principales classes de test utilisées :

- **TransmetteurParfait** : Le transmetteur parfait doit relayer l'information sans la modifier. Les tests vérifient que l'information reçue par le transmetteur est identique à celle émise.
- **Émetteur** : Les tests de l'émetteur couvrent la conversion de l'information logique en signal analogique selon les trois types de modulation (NRZ, NRZT, RZ). Ils vérifient que l'amplitude des signaux produits correspond bien aux valeurs définies pour les bits 0 et 1.
- **Récepteur** : Le récepteur effectue la conversion inverse, du signal analogique à l'information logique. Les tests vérifient que le signal démodulé correspond à l'information logique d'origine, en prenant en compte le type de modulation utilisé.
- **Simulateur** : Chaîne de transmission analogique : Validation du bon fonctionnement de l'ensemble émetteur, transmetteur analogique parfait et récepteur. Ces tests incluent la vérification de la modulation et démodulation correcte de l'information.
- **Taux d'Erreur Binaire est correctement calculé**:
  - Transmission sans erreur : Lorsqu'aucune erreur n'est présente, le TEB doit être de 0.0.



- Transmission avec erreurs : Nous modifions l'information reçue à la destination pour introduire des erreurs et vérifions que le TEB calculé reflète bien le pourcentage de bits erronés.

## 5.4 Exécution des tests













Les tests ont été exécutés via la classe AllTests, en utilisant le script runTests qui regroupe l'ensemble des tests. Cette classe permet d'automatiser l'exécution des tests et de vérifier en une seule étape que tous les composants fonctionnent comme attendu.

## 5.5 Résultats des tests

Tous les tests ont été passés avec succès, confirmant la fiabilité des composants individuels et du système global de transmission.

## 5.6 Couverture de code avec Emma

L'outil Emma a été utilisé pour mesurer la couverture des tests sur l'ensemble du projet. Voici les résultats de la couverture de code :

Element	Coverage	Covered Instructions	Missed Instructions
▼ src	 84,7 %	2 308	416
▶ visualisations	 64,2 %	607	338
▶ simulateur	 89,9 %	487	55
▼ transmetteurs	 97,9 %	874	19
▶ Recepteur.java	 96,3 %	334	13
▶ Emetteur.java	 98,6 %	422	6
▶ Transmetteur.java	 100,0 %	35	0
▶ TransmetteurAnalogiqueParfait.java	 100,0 %	47	0
▶ TransmetteurParfait.java	 100,0 %	36	0
▶ information	 96,6 %	113	4
▶ destinations	 100,0 %	43	0
▶ sources	 100,0 %	184	0

La couverture légèrement plus faible de certains éléments indique que certains cas spécifiques peuvent être ajoutés dans les futures étapes pour renforcer la robustesse des tests.

## 6. Simulation d'une transmission analogique par un canal parfait

### 6.1 Objectif de la simulation

L'objectif principal de cette simulation est de valider le bon fonctionnement de la chaîne de transmission analogique à travers un canal parfait. Le canal parfait représente un modèle théorique dans lequel l'information émise par la source est transmise et reçue sans aucune altération ni distorsion. Le Taux d'Erreur Binaire doit être nul, c'est-à-dire que le message reçu par la destination est strictement identique au message émis par la source.

Cette simulation constitue une base de référence qui servira à comparer les performances du système dans des scénarios futurs, où des perturbations, comme le bruit, seront introduites.

### 6.2 Composants impliqués

Les composants impliqués dans cette simulation sont les suivants :

- **SourceFixe** : Elle génère une séquence de bits logiques prédéfinis. Cette source permet de vérifier la cohérence du système en émettant un message fixe et immuable.
- **Emetteur** : Ce composant prend l'information logique fournie par la SourceFixe et la convertit en un signal analogique en utilisant une modulation spécifique (par exemple, NRZ, NRZT, RZ).
- **TransmetteurAnalogiqueParfait** : Ce composant représente le canal parfait. Il reçoit le signal analogique émis par l'émetteur et le transmet sans aucune modification à la destination.
- **Recepteur** : Ce composant démodule le signal analogique reçu pour le reconvertir en une information logique. Il utilise la même technique de modulation que l'émetteur pour décoder correctement le signal.
- **DestinationFinale** : La destination reçoit l'information logique démodulée et la compare à l'information initialement émise par la source afin de vérifier l'intégrité de la transmission.

## 6.3 Étapes de la simulation

### Initialisation des composants :

1. Une **SourceFixe** est instanciée pour générer un message logique prédéfini.
2. Un **Emetteur** est créé pour moduler ce message en un signal analogique.
3. Un **TransmetteurAnalogiqueParfait** relaie le signal sans le modifier.
4. Un **Recepteur** est mis en place pour démoduler le signal et récupérer le message logique initial.
5. Enfin, une **DestinationFinale** est configurée pour recevoir le message et en analyser l'intégrité.

### Connexion des composants :

- La **SourceFixe** est connectée à l'**Emetteur**.
- L'**Emetteur** est connecté au **TransmetteurAnalogiqueParfait**.
- Le **TransmetteurAnalogiqueParfait** est relié au **Recepteur**.
- Le **Recepteur** est connecté à la **DestinationFinale**.

De plus, des sondes analogiques et logiques sont connectées pour visualiser les signaux.

Ainsi, la chaîne de transmission est complète :

**SourceFixe** → **Emetteur** → **TransmetteurAnalogiqueParfait** → **Recepteur** → **DestinationFinale**.

## 6.4 Émission de l'information

Une fois les composants connectés, la méthode `emettre()` de la **SourceFixe** est appelée. Cela envoie le message logique à l'**Emetteur**, qui le module en un signal analogique. Le signal est ensuite transmis sans altération par le **TransmetteurAnalogiqueParfait** jusqu'au **Recepteur**.

## 6.5 Réception et analyse de l'information

Le **Recepteur** reçoit le signal analogique, le démodule, et le convertit à nouveau en information logique. Cette information est ensuite transmise à la **DestinationFinale**, qui la compare avec le message initial émis par la **SourceFixe**. Le TEB est ensuite calculé en fonction du nombre de différences entre les deux messages.

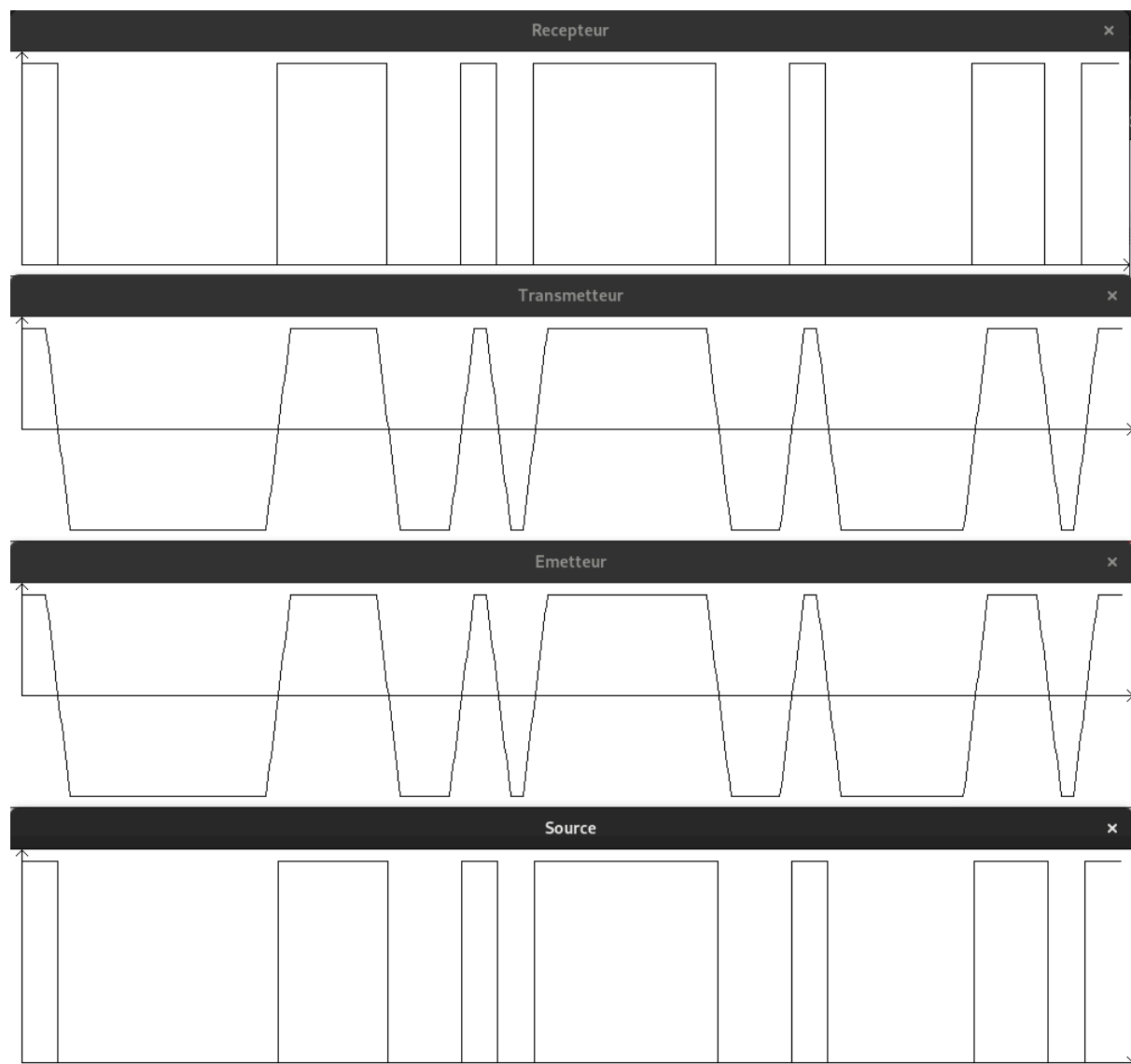
## 6.6 Résultats attendus

Dans cette simulation, étant donné que le canal est parfait, le message reçu à la destination doit être strictement identique à celui émis par la source. Par conséquent, le Taux d'Erreur Binaire (TEB) doit être de 0 %, indiquant qu'il n'y a aucune erreur dans la transmission.

## 6.6 Résultats obtenus

En exécutant le simulateur avec une source aléatoire avec seed et avec l'affichage des sondes, on retrouve les résultats attendus (même message à la source et transmetteur/destination) correspondant au message passe en paramètres, l'affichage fonctionne avec le paramètre, et on peut utiliser un message aléatoire si indiqué. Avec les différentes modulations et autres paramètres. Par exemple avec :

```
~/sit213 main > ./simulateur -s -mess 30 -form NRZT -seed 1 -nbEch 30 -ampl -1.0 1.0
java Simulateur -s -mess 30 -form NRZT -seed 1 -nbEch 30 -ampl -1.0 1.0 => TEB : 0.0
```



## Conclusion

L'étape 2 du projet a permis de valider l'implémentation des composants de transmission analogique via un canal parfait. À travers la simulation, nous avons pu démontrer que la chaîne de transmission fonctionnait correctement, avec un Taux d'Erreur Binaire de 0 %, confirmant l'absence d'erreurs de transmission dans des conditions parfaites. L'intégration des modules, tels que l'Emetteur, le TransmetteurAnalogiqueParfait et le Recepteur, a été réalisée avec succès, et leur fonctionnement a été testé de manière approfondie. Cette étape constitue une base solide pour l'introduction de nouvelles perturbations dans les simulations à venir, permettant ainsi une évaluation des performances du système dans des environnements plus réalistes.

Les résultats obtenus démontrent la fiabilité de l'architecture mise en place et ouvrent la voie à des études plus approfondies pour simuler des canaux non parfaits avec du bruit et d'autres interférences.