Présentation

SIT213

Groupe C1 : N. Bodin, G. Colin, A. Douant, J. Le Coq
FIP A2 Rennes - 22/10/2024

Table des matières

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

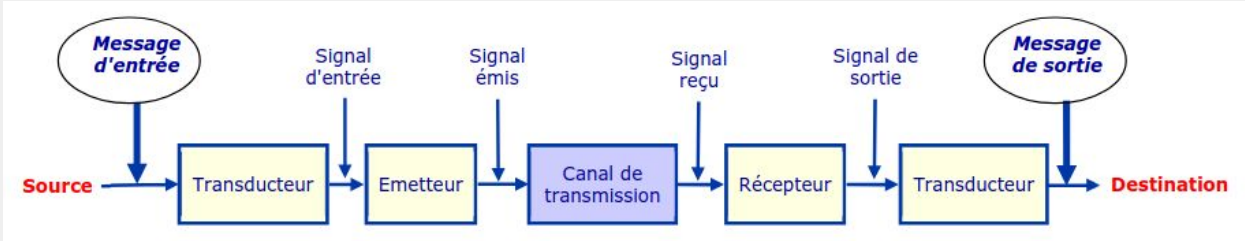
Introduction

Introduction

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Objectif du projet

- Création d'un simulateur de chaîne de transmission :
  - Source
  - Logique
  - Analogique
  - Bruit
  - Multi-trajets
  - Codage
  - Destination (Calcul TEB)



Introduction

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Contexte client

- Déploiement de réseaux de capteurs câblés
- Utilisation de notre simulateur
- Environnement 1 : Transmission bruitée avec capteurs sur batterie
  - Canal : Bruit blanc additif gaussien
  - Objectif : Optimiser la consommation énergétique tout en garantissant un TEB ≤ 10^{-3}
  - Contrainte : Émetteurs alimentés par batterie
- Environnement 2 : Transmission sur canal multi-trajets
  - Canal : Multi-trajets avec trajets secondaires
  - Objectif : Garantir un débit binaire élevé tout en maintenant un TEB ≤ 10^{-2}

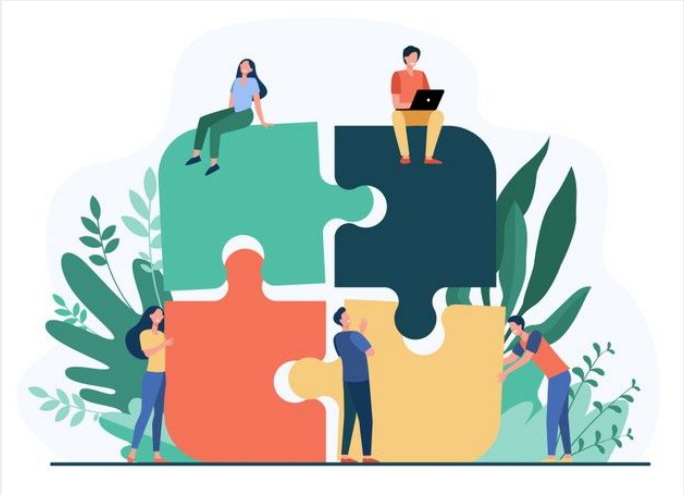
Organisation de l’équipe

Organisation de l’équipe

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Structure de l’équipe

- Noé : Chef de projet
  - Responsable de la gestion de l’équipe
- Guillaume : Relecteur
  - Relecture du code
- Antoine : Rédacteur
  - Responsable de la rédaction des rapports
- Justine : Relecteur
  - Relecture des livrables
- **Tout le monde participe au code**

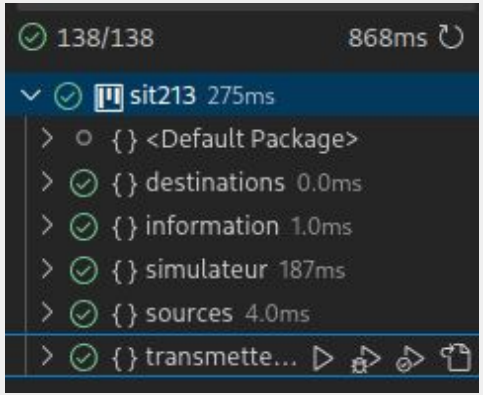


Organisation de l'équipe

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Outils

- Git - Gitlab
- JUnit - Java
- Emma
- Eclipse / VS Code
- Google Drive

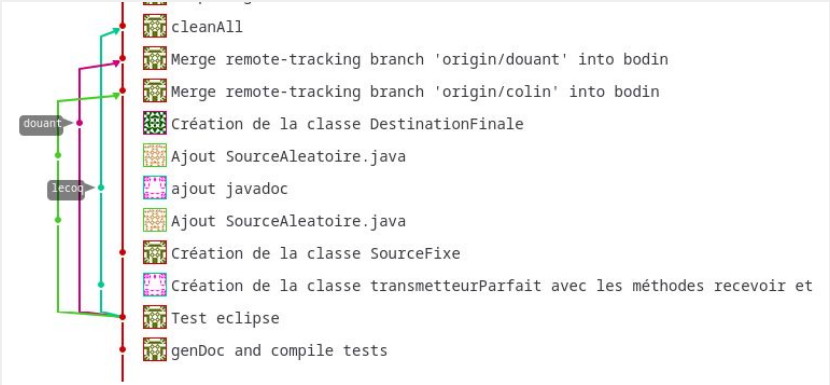


Organisation de l'équipe

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Circuit de validation

- Branche Git
- Écriture du code
- Tests local
- Merge
- Tests global



Organisation de l’équipe

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Aspects testabilité

- Test dans la classe codée (méthode main)
- Implémentation dans la classe Simulateur
- Ajout classe de test JUnit
- Classe AllTests
- Vérification théorie
- Emma -> Objectif 100% couverture parfois impossible -> 100% != qualité

Organisation de l’équipe

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Leçons tirées

- La relecture est importante
- Travail sur des branches séparées
- Vérification à chaque merge
- Analyse approfondi des demandes
- Communication au sein de l’équipe
- Ne pas utiliser de LinkedList

Produit développé

Simulateur de transmission numérique

Produit développé

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Modèles physiques implémentés

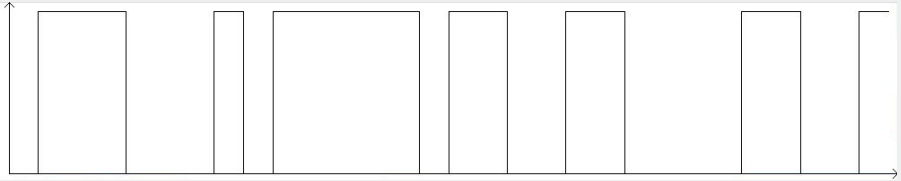
- Analogique
  - Forme RZ, NRZ, NRZT
  - Amplitude
  - Nombre d'échantillons par bits
- Bruit blanc gaussien
  - SNR dB
  - Eb/N0 dB
- Multi-trajets
  - Décalage et atténuation
- CodageEmission, DecodageReception
  - Codeur

Produit développé

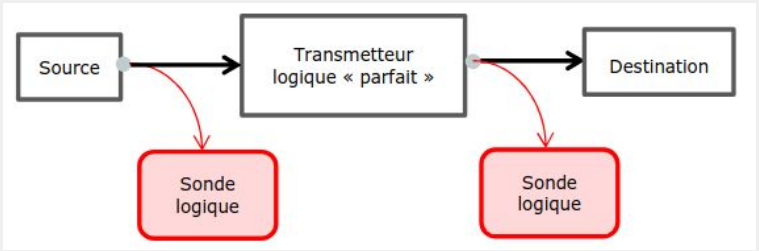
IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Transmission logique

- Source Fixe ou Aléatoire
- Pas vraiment d'intérêt physique
- Mais nécessaire pour :
  - Source et Destination
  - Calcul TEB



```
~/sit213 main ❯ ./simulateur -s -mess 30
java Simulateur -s  -mess  30    =>   TEB : 0.0
```

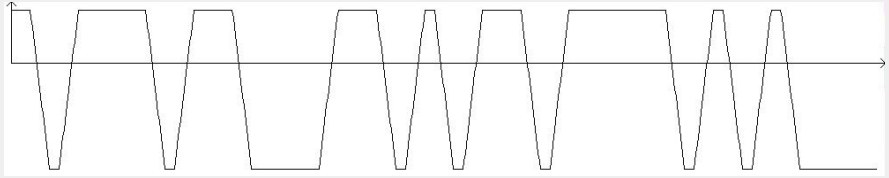


Produit développé

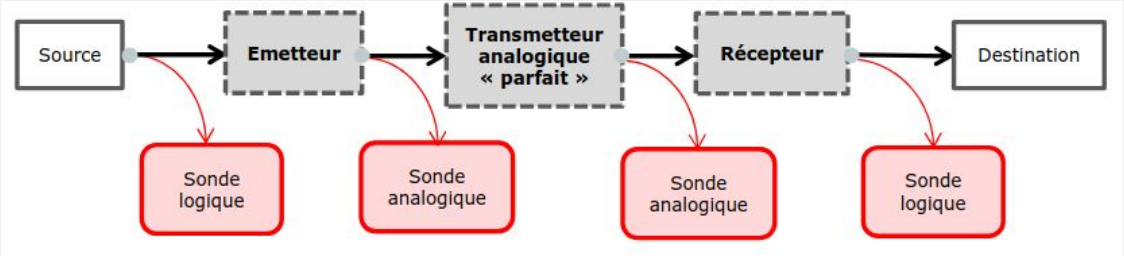
IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Signal analogique

- Forme d'onde (RZ, NRZ, NRZT)
- Amplitude (Amin, Amax)
- Nombre d'échantillons par bits



```
~/sit213 main ❯ ./simulateur -s -mess 30 -form NRZT -ampl -2 1
java Simulateur -s  -mess  30  -form  NRZT  -ampl  -2  1    =>   TEB : 0.0
```



Produit développé

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Schémas de réception utilisés

- Seuil de détection = (Amin+Amax)/2 :
- On vérifie la moyenne du bit :
  - NRZT et NRZ moyenne sur ***tout*** le bit
  - RZ sur le ***deuxième tier*** du bit avec **Amin = 0**

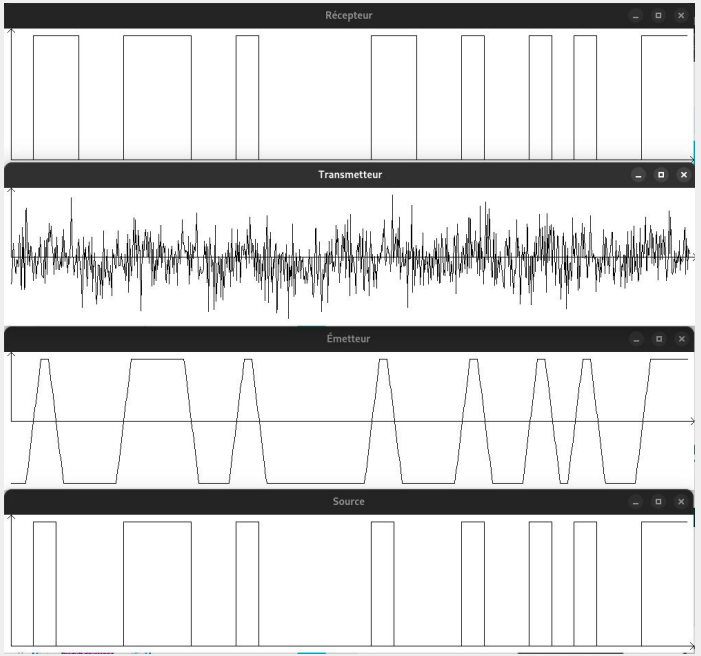
- Performances :
  - Changement pour NRZT :
    - -3dB pour même TEB

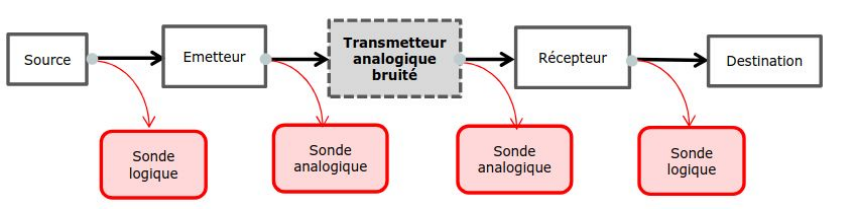
Produit développé

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Canal bruité

- SNR ou Eb/N0 (SNRpb)
- Bruit blanc gaussien
- Calcul avec :
  - Calcul puissance signal
  - Conversion SNR dB -> linéaire
  - Calcul puissance bruit
  - Calcul sigma
  - random.nextGaussian() * sigma






```
~/sit213 main ❯ ./simulateur -s -mess 30 -form NRZT -ampl -1 1 -snrpb 0
java Simulateur -s  -mess  30  -form  NRZT  -ampl  -1  1  -snrpb  0    =>   TEB : 0.06666667
```

Produit développé

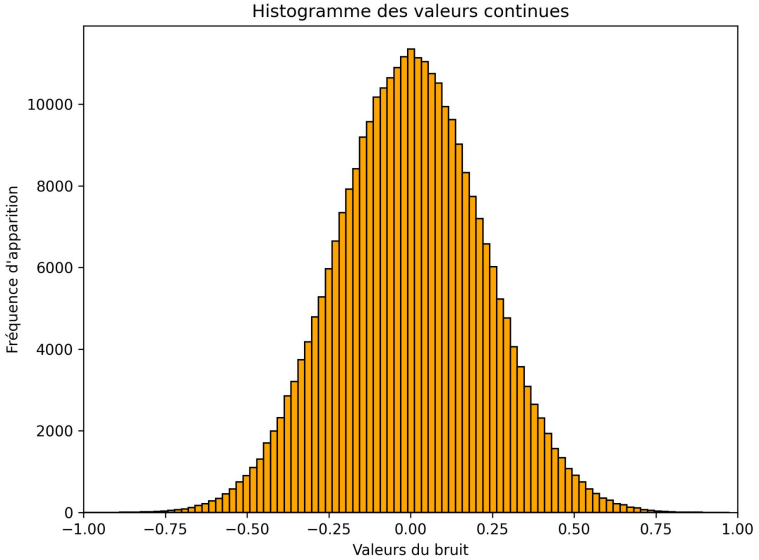
IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Canal bruité

Vérification :

- Histogramme
- Calcul puissances

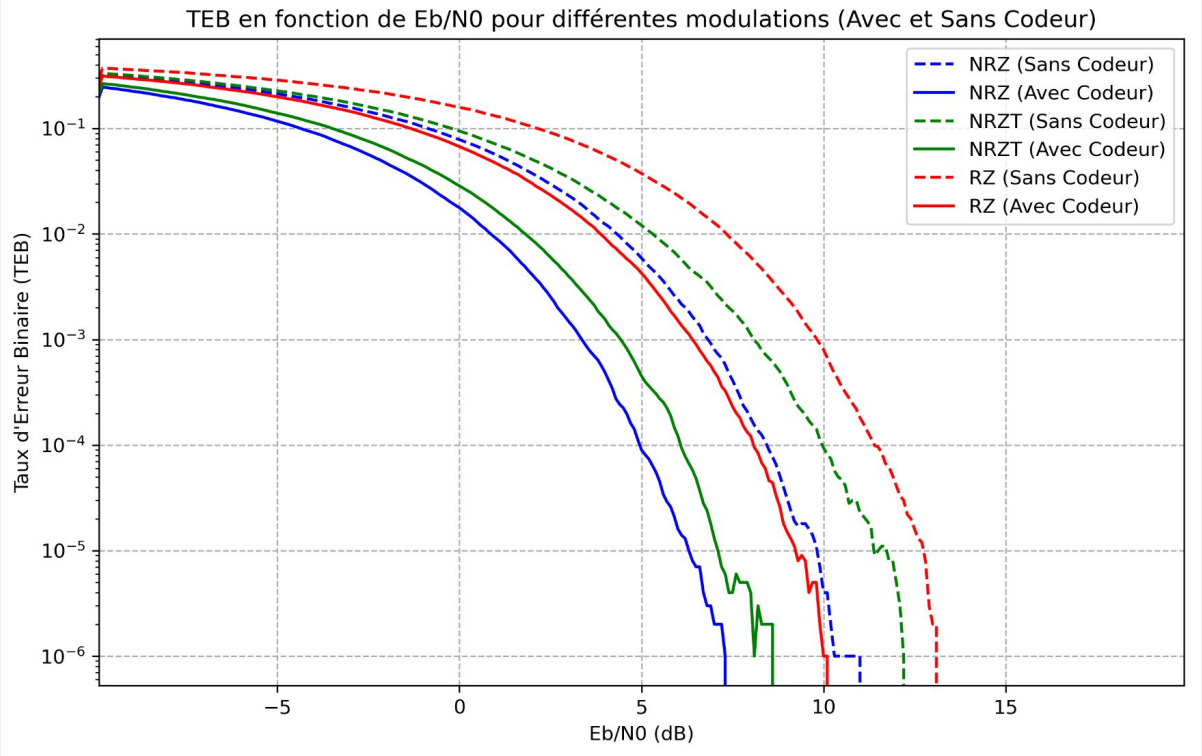
```
noe@inspiron-noe:~/sit213$ ./simulateur -snr 15
- Nombre de bits de la séquence : 100
- Nombre d'échantillons par bit : 30
1-> Puissance MOYENNE de la séquence de bits : 0.17666666666666667
2-> Valeur de sigma (écart-type du bruit) : 0.07468104274693668
3-> Puissance moyenne du bruit : 0.005577258145769785
4-> Rapport signal-sur-bruit (S/N, en dB) : 15.007338684191971
5-> Rapport Eb/N0 (en dB) : 26.768251274748785
java Simulateur -snr  15    =>    TEB : 0.0
```



Produit développé

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

- Messages de 200 000 bits
- Amplitude -1 et 1
- 30 échantillons par bits

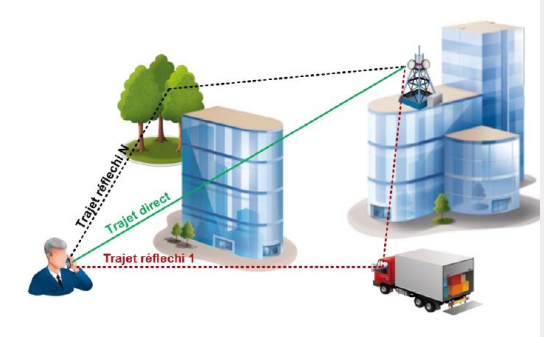


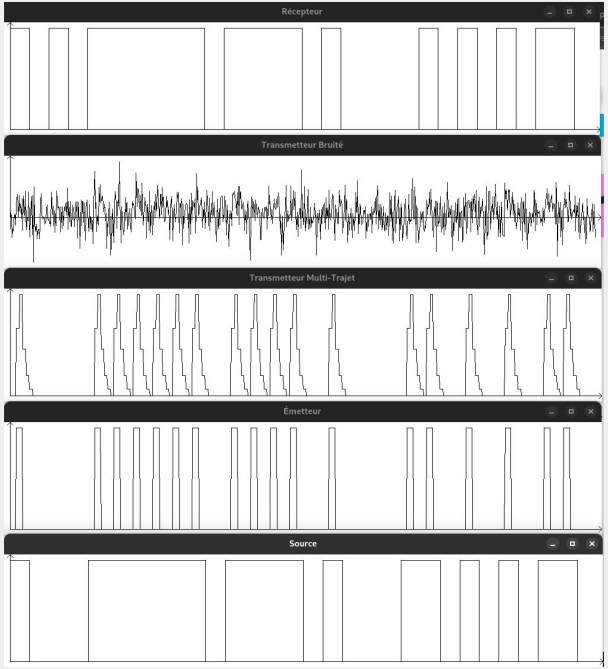
Produit développé

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Multi-trajets

- Décalage en nombre d'échantillons
- Atténuation 0<α<1
- Avec ou sans AWGN
- Jusqu'à 5 trajets





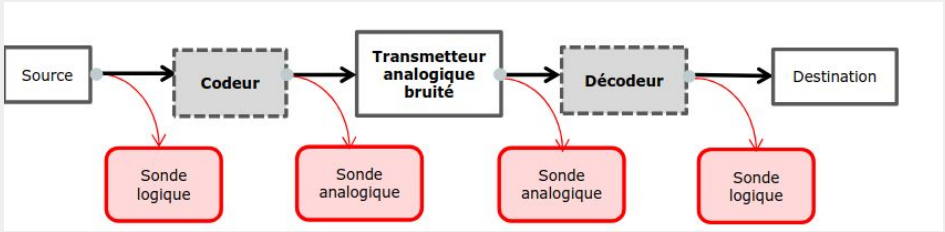

```
~/sit213 main ❯ ./simulateur -s -mess 30 -ti 5 0.5 10 0.2 15 0.1 -snrpb 5
java Simulateur -s  -mess  30  -ti  5  0.5  10  0.2  15  0.1  -snrpb  5    =>   TEB : 0.06666667
```

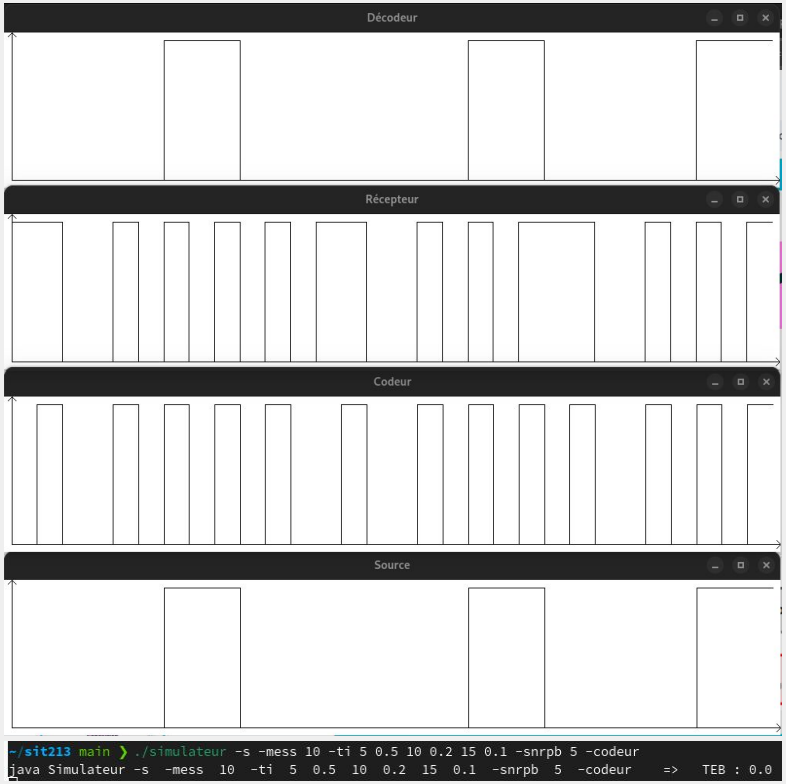
Produit développé

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Codeur

- Correction d'erreurs
- Avec n'importe quel type de transmissions
- Automate

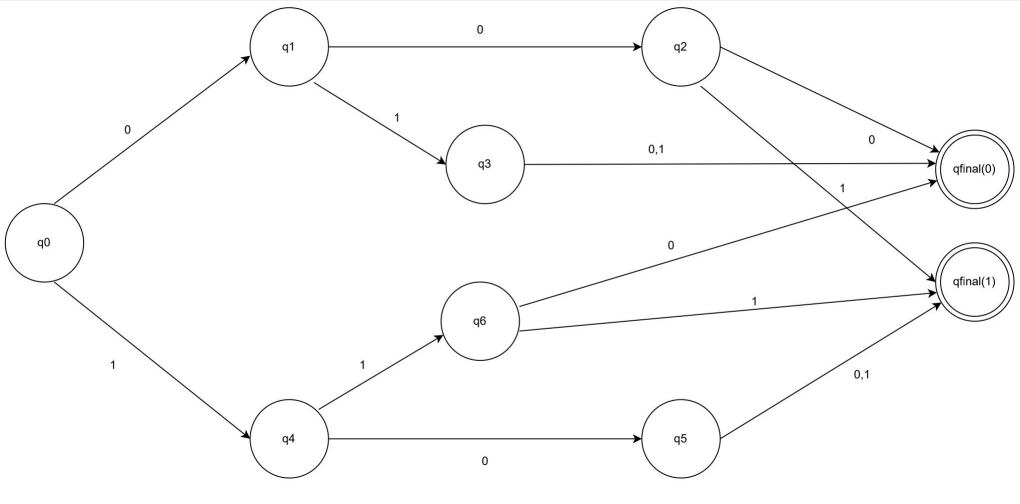




Produit développé

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Codeur - Automate



Automate du codeur

```java
public static boolean automate(boolean[] bits) {
    if (bits.length != 3) {
        throw new IllegalArgumentException("Le tableau de bits doit avoir exactement 3 éléments.");
    }

    Etat etat = Etat.Q0;  // état initial

    // Transition based on the first bit
    if (bits[0]) {  // bit 1: 1
        if (bits[1]) {  // bit 2: 1
            etat = (bits[2]) ? Etat.QFINAL1 : Etat.QFINAL0;  // bit 3: 1 -> 1, 0 -> 0
        } else {  // bit 2: 0
            etat = Etat.QFINAL1;  // Always 1
        }
    } else {  // bit 1: 0
        if (bits[1]) {  // bit 2: 1
            etat = Etat.QFINAL0;  // Always 0
        } else {  // bit 2: 0
            etat = (bits[2]) ? Etat.QFINAL1 : Etat.QFINAL0;  // bit 3: 1 -> 1, 0 -> 0
        }
    }

    // Return final output based on the final state
    return etat == Etat.QFINAL1;
}
```

Implémentation

Cas d’étude soumis par le client

Étape 6

Cas d’étude soumis par le client

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Environnement 1 : Transmission avec bruit blanc additif gaussien (BBAG)

- Trouver Eb/N0 : **à partir du graphique** (choisir meilleure forme)
- Calculer Puissance Reçue : ***Pr = Eb * Rb, Eb = Eb/N0 (linéaire) * N0*** et ***Rb = débit binaire***
- Calculer Puissance Émise : ***Pt = Pr * 10^(A/10)***
- Calculer Autonomie : ***Autonomie = Énergie batterie / Pt * (24 heures * 3600 secondes/heure)***
- Refaire avec Codeur, **meilleur Eb/N0 mais 3 fois plus de bits**

Cas d’étude soumis par le client

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Environnement 1 : Transmission avec bruit blanc additif gaussien (BBAG)

- Solution proposée : **NRZ**
- Puissance d’émission : **7,07 µW**
- Durée de vie de la batterie : **4,9 jours**
- Ajout du code correcteur : autonomie de **3,4 jours**

Cas d’étude soumis par le client

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Environnement 2 : Canal de propagation multi-trajets

- Choisir fréquence d'échantillonnage : ***Fe = 10MHz***
- Débit dépend de Fe et nombre d’échantillons par bits : ***D = Fe/NbEch***
- On fait varier nbEch pour faire varier le débit, on mesure le TEB dans les conditions : ***Simulation avec décalage de delta_t * Fe échantillons et atténuation 0.5***
- On trouve un débit pour le TEB cible
- On fait avec le codeur, débit /3 mais moins d’erreurs : ***NbEch = Fe/3*D***

Cas d’étude soumis par le client

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Environnement 2 : Canal de propagation multi-trajets

- Forme : **NRZ**
- Débit binaire maximal : **54 kbit/s**
- Conditions pour un TEB ≤ 10^-3 : **Ajout du codeur (presque plus d’erreurs)**
- Pour amplitude **0 et 1**, si **-1 et 1** débit infini…

Conclusion

Conclusion

IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Limites et perspectives

- Limité en bande de base
- Bruit blanc gaussien, modèle courant mais pas parfait
- Multi-trajets, utile mais peu pratique

- De façon générale simulateur fonctionnel, mais basique
- Compliqué de comparer/utiliser pour un cas réel

- Ajout de modulation sur fréquence porteuse (PSK, QAM, ...)
- Meilleurs codes correcteurs d'erreurs
- Meilleurs modèles de bruits
- Amélioration du récepteur

Des questions ?