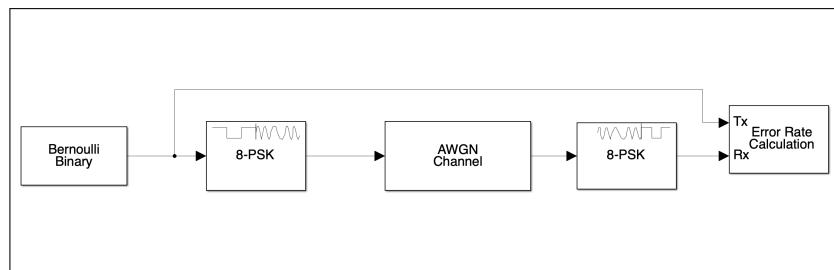


ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE EN NANOSCIENCES ET
NANOTECHNOLOGIES
DÉPARTEMENT MICRO & NANOÉLECTRONIQUE

Spécialité MNE — Année Universitaire 2025/2026

Rapport de Travaux Pratiques

TP1 : La Chaîne de Transmission Numérique



Groupe 1 et 2

Étudiants Kessad Mohamed Dhia Eddine

Chougui Abdelaziz

Bouziane Errahmani Abderrahmane

Encadrant M.B. Abidine

Date 17 Février 2026

1. Introduction

Cette séance de travaux pratiques servait d'introduction au traitement numérique du signal et était axée sur l'étude des blocs fréquemment utilisés de la boîte à outils DSP de Matlab-Simulink. Différents types de sources de données, de bruits et de discrétisations ont été utilisés et analysés.

2. Génération de Signaux Discrets — Exemple 2

À l'aide d'un simple ensemble de blocs en série, nous pouvons générer un signal discret ; dans cet exemple, nous avons généré une onde sinusoïdale échantillonnée.

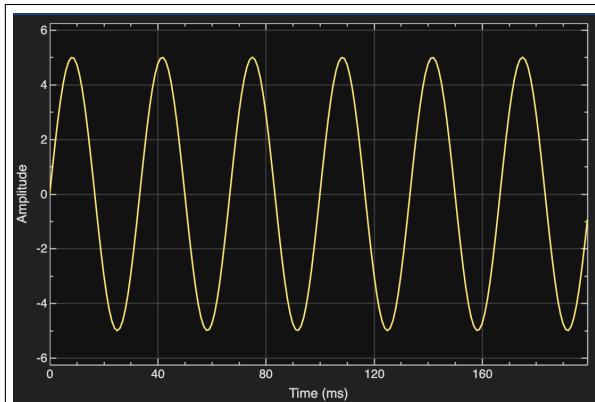


Figure 1. Sortie du Vector Scope — sinusoïde de fréquence 30 Hz, amplitude 5.

Le signal ressemble à un signal sinusoïdal, sans qu'il soit évident que le bloc soit utile. Pour une meilleure compréhension, nous avons décidé d'augmenter la fréquence à 300 Hz.

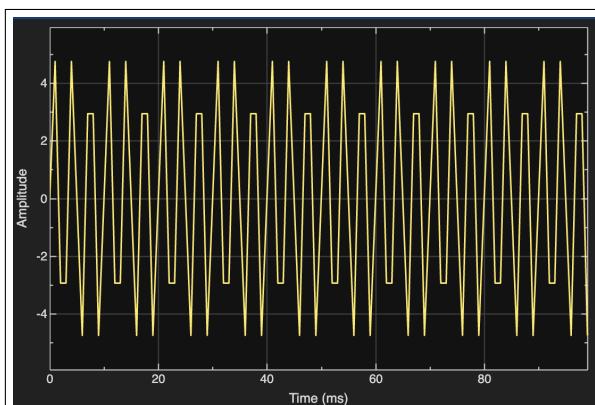


Figure 2. Sortie du Vector Scope — sinusoïde de fréquence 300 Hz, amplitude 5.

Observation

On constate que le générateur d'ondes discrètes produit des points vectoriels du signal requis, plutôt qu'un signal continu. Ce bloc présente l'avantage d'un faible rapport entre les fréquences de génération et d'échantillonnage.

3. Exemple 3 — Visualisation de Sources Multiples

La génération d'ensembles de données de vidage est une fonction largement utilisée ; différents types de données existent et dans ce laboratoire, nous nous sommes concentrés sur seulement trois ensembles : Bernoulli, aléatoire, entiers de Poisson.

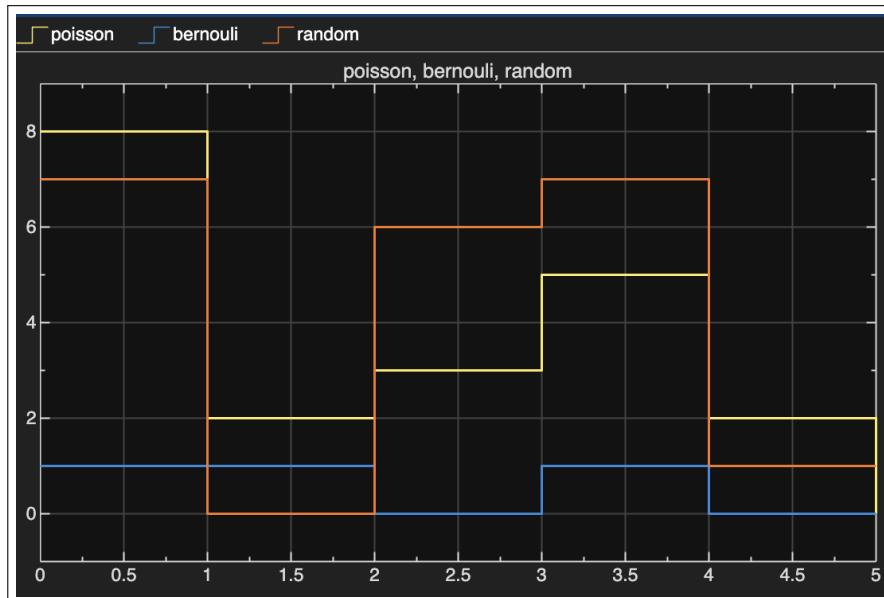


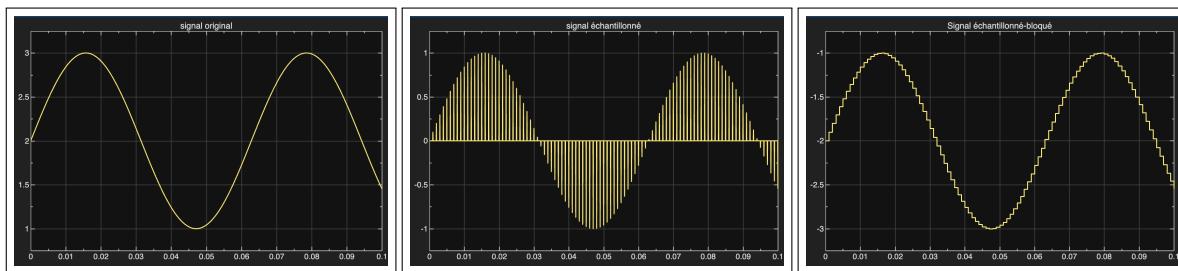
Figure 3. Signaux issus des trois générateurs affichés simultanément.

Observation

Les signaux se sont déroulés comme prévu. Le signal de Bernoulli suivait le paramètre 0,2, c'est-à-dire que le bit zéro avait une probabilité de 20 % d'apparaître. Le générateur d'entiers aléatoires était limité à une plage de 0 à 7. L'ensemble de Poisson était centré sur le paramètre lambda (ici, 5, valeur modifiée à des fins d'observation).

4. Échantillonnage

4.1. Comparaison des Trois Signaux



(a) Signal original

(b) Signal échantillonné

(c) Signal échantillonné-bloqué

Figure 4. Comparaison — signal original, échantillonné et échantillonné-bloqué.

Observation

Pour comparer les différents types d'échantillonnage, nous avons généré un signal sinusoïdal et l'avons fait passer successivement par un échantillonnage par impulsions, puis par un bloc de maintien.

Le signal résultant semble similaire, mais celui échantillonné par blocage paraît plus adapté aux applications réelles, car il ne présente pas de variations de potentiel trop brusques.

4.2. Analyse Spectrale du Signal Échantillonné

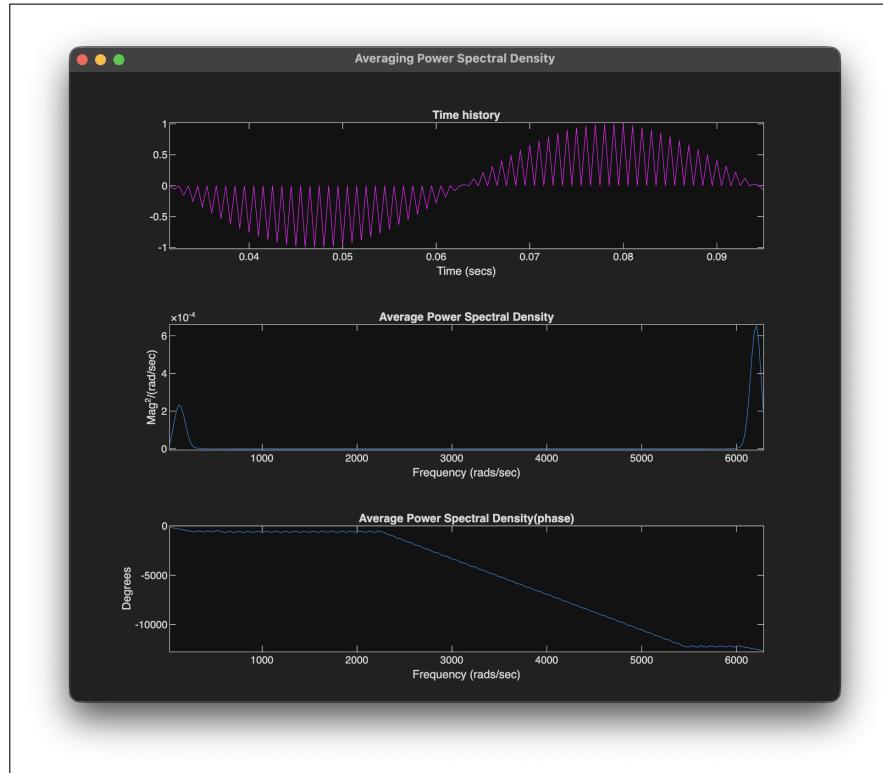


Figure 5. Densité spectrale de puissance du signal échantillonné (raies caractéristiques).

Observation

L'analyse spectrale du signal échantillonné révèle des raies spectrales caractéristiques. Conformément à la théorie de l'échantillonnage, la discréttisation d'un signal dans le domaine temporel induit la répétition périodique de son spectre dans le domaine fréquentiel. Les pics observés dans la densité spectrale de puissance (DSP) correspondent à la fréquence fondamentale de la sinusoïde d'origine et aux composantes harmoniques générées par l'échantillonnage. Cette visualisation confirme que la fréquence d'échantillonnage était suffisante pour éviter le repliement de spectre dans cette configuration.

5. Modélisation d'une Chaîne de Transmission de Base

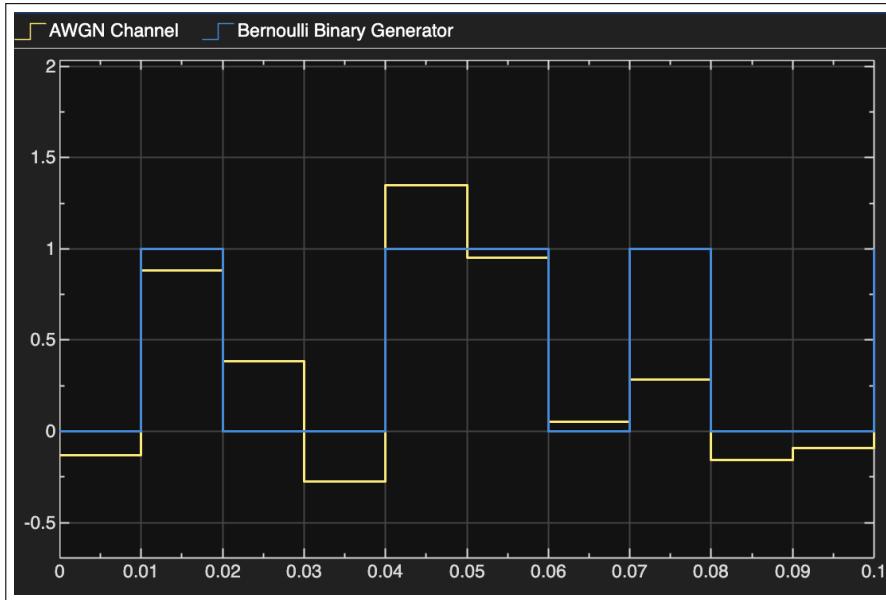


Figure 6. Signaux transmis et reçus (canal AWGN, $E_b/N_0 = 10$ dB).

Résultat

TEB mesuré : 101 of 101

Nombre de bits erronés / Total de bits : 1

6. Modulation M-PSK dans la Chaîne de Transmission

6.1. Modulation BPSK ($M = 2$)

Résultat BPSK

TEB mesuré : 0

Nombre de bits erronés : 0 of 101

Nombre de bits transmis : 101

6.2. Modulation QPSK ($M = 4$)

Résultat QPSK

TEB mesuré : 0.019

Nombre de bits erronés : 2

Nombre de bits transmis : 101

6.3. Modulation 8-PSK ($M = 8$)

Résultat 8-PSK

TEB mesuré : 0.3366

Nombre de bits erronés : 34

Nombre de bits transmis : 101

Observation

En analysant les résultats de la chaîne de transmission sous un niveau de bruit constant ($E_b/N_0 = 10$ dB), on observe une corrélation claire entre l'ordre de modulation (M) et le taux d'erreur binaire (TEB) :

- **BPSK** ($M = 2$) : présente la plus grande robustesse avec un TEB de 0, car les symboles sont largement espacés dans la constellation.
- **QPSK** ($M = 4$) : introduit un faible taux d'erreur (TEB $\approx 0,019$), indiquant le début des interférences dues au bruit.
- **8-PSK** ($M = 8$) : présente une dégradation significative des performances avec un TEB de 0,3366.

Nous concluons que, lorsque l'ordre de modulation augmente, la distance entre les points du diagramme de constellation diminue, rendant le système beaucoup plus sensible au bruit blanc gaussien additif (AWGN).

7. Conclusion

Cette séance de travaux pratiques a permis une compréhension approfondie des principes fondamentaux de la communication dans le domaine de la transmission des signaux numériques. Les principaux résultats de cette séance peuvent être résumés comme suit :

- Après avoir analysé les types d'échantillonnage pour le CAN (conversion analogique-numérique), le signal généré par la fonction de blocage dans Simulink a montré une plus grande stabilité, ce qui sera plus tard considéré comme la principale raison de son utilisation plus large dans le traitement du signal.
- Étudier diverses sources de données (Bernoulli, Poisson, nombre entier aléatoire) et leurs paramètres statistiques.
- L'évaluation des performances d'une chaîne de transmission de base met en évidence le compromis essentiel des communications numériques : bien que les modulations avancées (telles que la modulation 8-PSK) soient capables d'assurer des débits de données plus élevés, elles nécessitent un rapport signal/bruit beaucoup plus important pour préserver un faible taux d'erreur comparé aux modulations plus simples telles que la BPSK.

En somme, ces modélisations mettent en lumière l'importance de sélectionner les paramètres de modulation et d'échantillonnage adéquats pour assurer une transmission fiable des données sur un canal perturbé.