



# SAE 4

## Stylo Voltmètre Numérique à Affichage Déporté

### Résumé

Il s'agit de créer une liaison radio entre l'émetteur : le stylo voltmètre et le récepteur : un écran STM32. L'

ADAM THEO-FELIX  
Alexandre LANDREAU  
Séif-Din SAAD DJABALLAH

## Table des matières

I.	Stylo voltmètre .....	3
	PLL : Phase Locked Loop .....	3
	PA : Power Amplifier .....	3
	OOK : On / Off Keying .....	3
	PDN : Power Down .....	3
	LNA : Low Noise Amplifier .....	3
II.	RXM-433-LR .....	4
	Principales caractéristiques .....	4
	Brochage .....	4
	Montage typique .....	4
III.	Signaux à transmettre .....	5
	Liaison UART (Universal Asynchronous Receiver / Transmitter) .....	5
IV.	Adaptation d'impédance .....	6
	Analyseur de réseau vectoriel .....	7
V.	Différents types d'antenne .....	8
	Antenne monopôle .....	8
	Antenne dipôle .....	8
VI.	Vérification du fonctionnement .....	9
	Signaux de test .....	9
	Fabrication d'un support de test pour le module de transmission .....	9
	Description et objectif du test .....	10
	Plan de câblage .....	10
	Procédure de réglage des appareils .....	11
	Visualisation des signaux et relevé de leurs caractéristiques .....	12
	Vérification de conformité .....	14

Figure 1 - Brochage de l'émetteur.....	4
Figure 2 - Montage typique de l'émetteur .....	4
Figure 3 - Câblage UART .....	5
Figure 4 - Exemple d'une trame UART .....	5
Figure 5 - Adaptation d'impédance .....	6
Figure 6 - Analyse d'impédance .....	7
Figure 7 - Schéma d'une antenne monopôle .....	8
Figure 8 - Schéma d'une antenne dipôle.....	8
Figure 9 - Signal du test 1 .....	9
Figure 10 - Schéma du support de test du module TXM-433-LR .....	9
Figure 11 - Schéma de câblage du test 1.....	10
Figure 12 - Schéma de câblage du test 2.....	11
Figure 13 - Test 1 à 6 kHz.....	12
Figure 14 - Test 2 à 11 kHz.....	12

Alimentation : 3 piles de 1,5

## I. Stylo voltmètre

### PLL : Phase Locked Loop

La PLL se focalise sur le point chaud (où il y a de l'énergie) du signal. Ainsi, même si la fréquence varie de quelques Hz, le signal reçu sera toujours accroché. On l'appelle également Boucle à Verrouillage de Phase.

### PA : Power Amplifier

L'amplificateur de puissance permet d'amplifier la puissance.

### OOK : On / Off Keying

C'est un type de modulation en TOR, associée à un codage NRZ.

### PDN : Power Down

### LNA : Low Noise Amplifier

C'est un amplificateur très particulier, puisqu'il fonctionne avec de petits signaux et il leur donne un gain énorme.



### III. Signaux à transmettre

Nous utilisons une liaison série asynchrone de type UART pour transmettre les bits après la conversion. Nous voulons avoir la meilleure précision de mesure pour notre stylo, c'est pourquoi nous allons transmettre sur une trame les bits de poids fort et sur une autre les bits de poids faible.

#### Liaison UART (Universal Asynchronous Receiver / Transmitter)

Pour rappel, la liaison UART est une liaison de type asynchrone, ce qui signifie qu'il n'y a pas de fils dédié à l'horloge. C'est le récepteur qui reconstruit l'horloge.

Le schéma de câblage est le suivant :

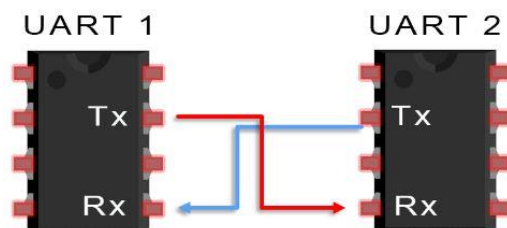


Figure 3 - Câblage UART

Une trame se représente sous la forme suivante :

Un bit de start. 5 à 9 bits de données. Bit de parité. 1 ou 2 bits de stop.

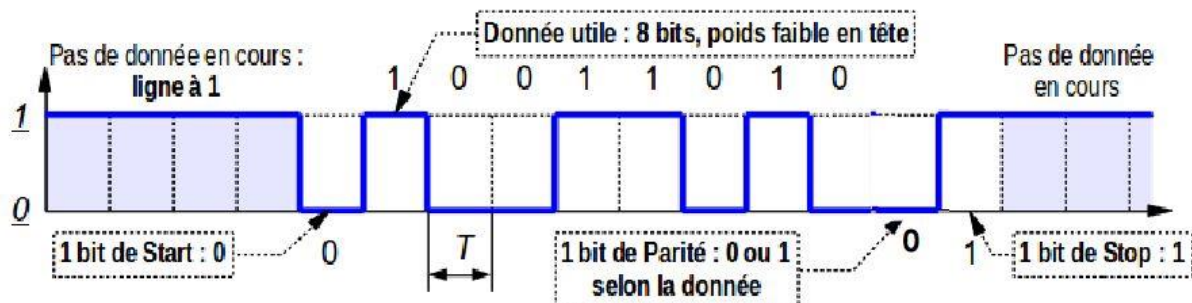


Figure 4 - Exemple d'une trame UART

## IV. Adaptation d'impédance

En résonnant avec le schéma ci-contre, nous trouvons :

$$Z = jL\omega + \frac{\frac{Z_A}{jC\omega}}{Z_A + \frac{1}{jC\omega}}$$

$$\Gamma = \frac{Z - 50}{Z + 50}$$

Avec  $\omega = 2\pi f$  et  $f = 433 \text{ MHz}$

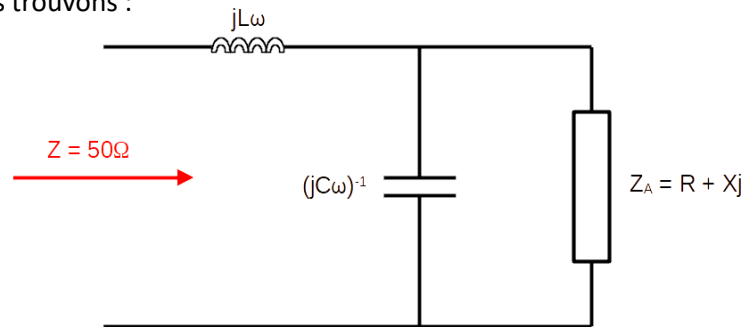


Figure 5 - Adaptation d'impédance

A l'aide d'un programme python visant à définir la valeur de L et C, nous installons ces composants à l'entrée de l'antenne pour adapter l'impédance. Puis nous vérifions sur l'analyseur de réseaux que nous nous rapprochons bien de 50 ohms.

## Analyseur de réseau vectoriel

L'analyseur de réseau vectoriel nous donne à 433 MHz :  $-5,2773 \, \Omega$  et  $69,649 \, \text{pF}$ , avec  $R = 54,865 \, \Omega$



Figure 6 - Analyse d'impédance

## V. Différents types d'antenne

Il existe plusieurs types d'antenne :

- Monopôle
- Dipôle

### Antenne monopôle

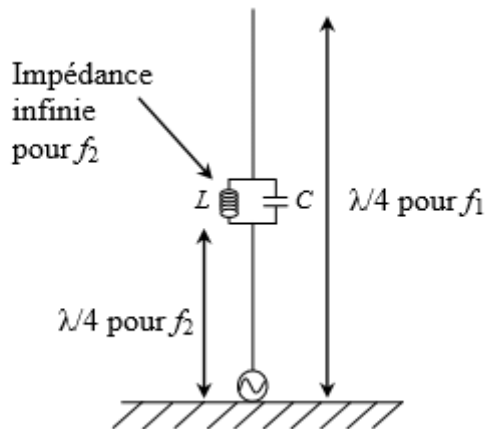


Figure 7 - Schéma d'une antenne monopôle

### Antenne dipôle

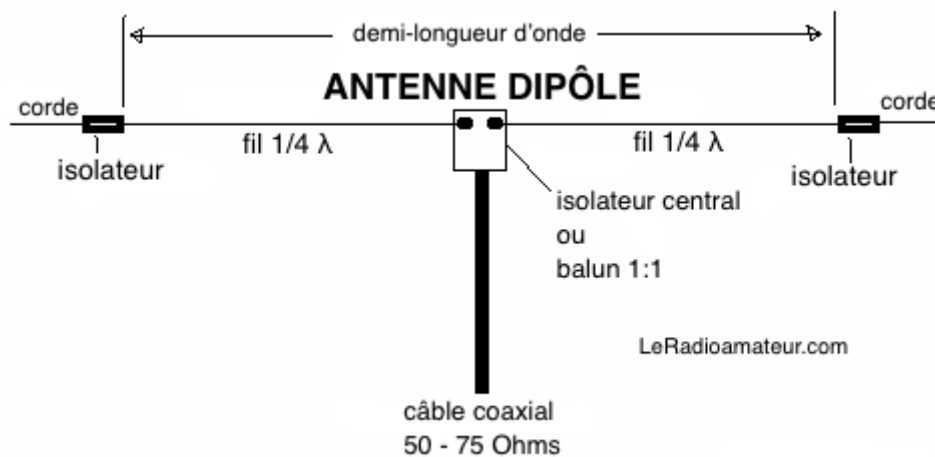


Figure 8 - Schéma d'une antenne dipôle

## VI. Vérification du fonctionnement

### Signaux de test

Dans un premier temps, nous allons envoyer un signal carré. Ensuite nous allons envoyer le même signal, mais avec une causalité, pour voir le temps de réponse du récepteur.

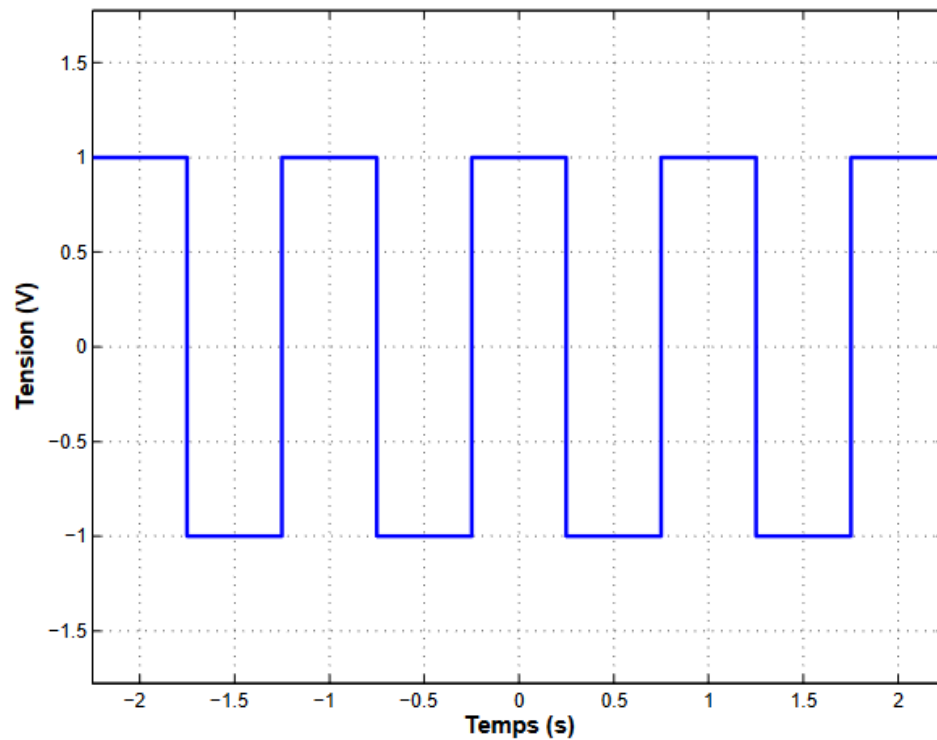


Figure 9 - Signal du test 1

### Fabrication d'un support de test pour le module de transmission

Pour le support de test du module TXM-433-LR, nous avons réalisé le schéma suivant :

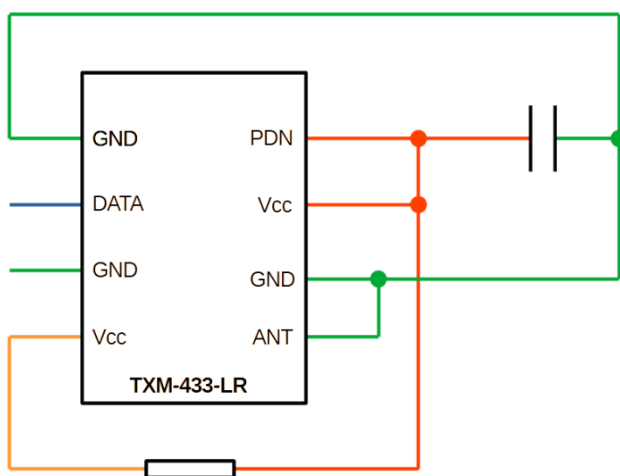


Figure 10 - Schéma du support de test du module TXM-433-LR

## Description et objectif du test

Le test permettra de savoir si notre liaison Emetteur/Récepteur fonctionne. Pour ce faire, nous allons envoyer un signal quelconque et observer si nous le percevons à l'aide de notre récepteur. En comparant les deux signaux sur un oscilloscope, nous serons alors aptes à connaître la limite des signaux envoyables et leurs caractéristiques (fréquence, amplitude, offset ...).

## Plan de câblage

Pour le premier test, nous avons réalisé le schéma suivant :

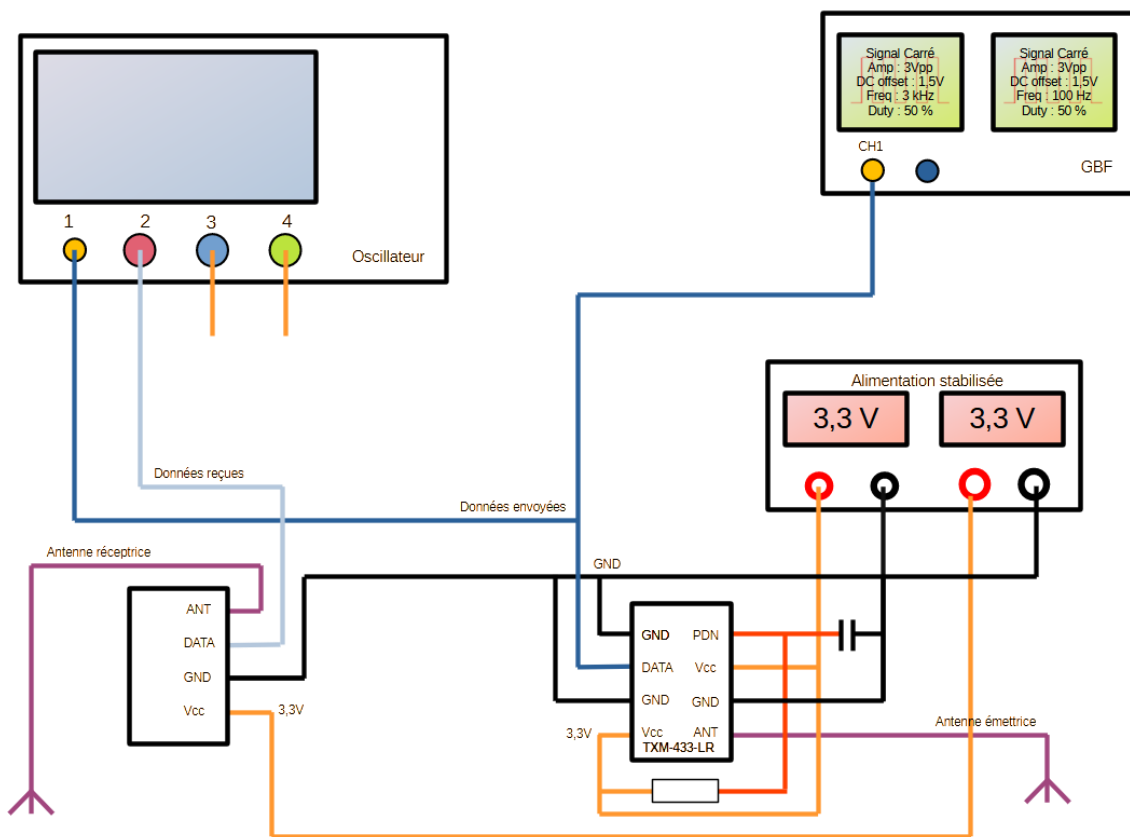


Figure 11 - Schéma de câblage du test 1

Pour le second test, nous avons réalisé le schéma suivant :

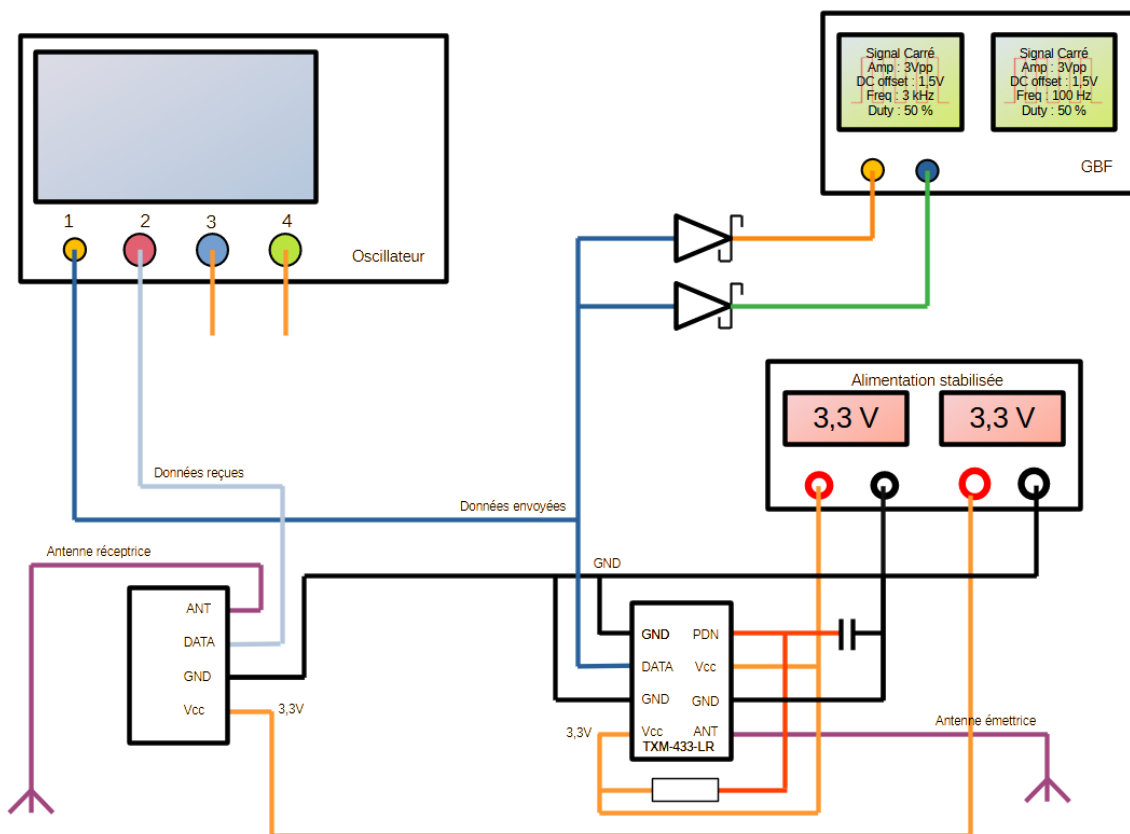


Figure 12 - Schéma de câblage du test 2

### Procédure de réglage des appareils

Pour le GBF :

- Waveform : Square
- Fréquence : 10Hz – 27kHz
- AMPL : 3 VPP
- DC Offset : 1.5Vdc
- Duty : 50%

Pour l'oscilloscope :

- Afficher CH1 et CH2
- Appliquer un trigger si besoin

Pour l'alimentation stabilisée :

- Masse commune (pas besoin l'oscillo le fait)
- Appliquer 3.0 V et 3.3 V
- Appliquer 3.4 mA et 5.4 mA

Visualisation des signaux et relevé de leurs caractéristiques

Test 1 : En émettant à l'aide de notre plaque, nous obtenons avec l'antenne les résultats suivants. En jaune, le signal émis et en rose, le signal reçu.

A 6 kHz :

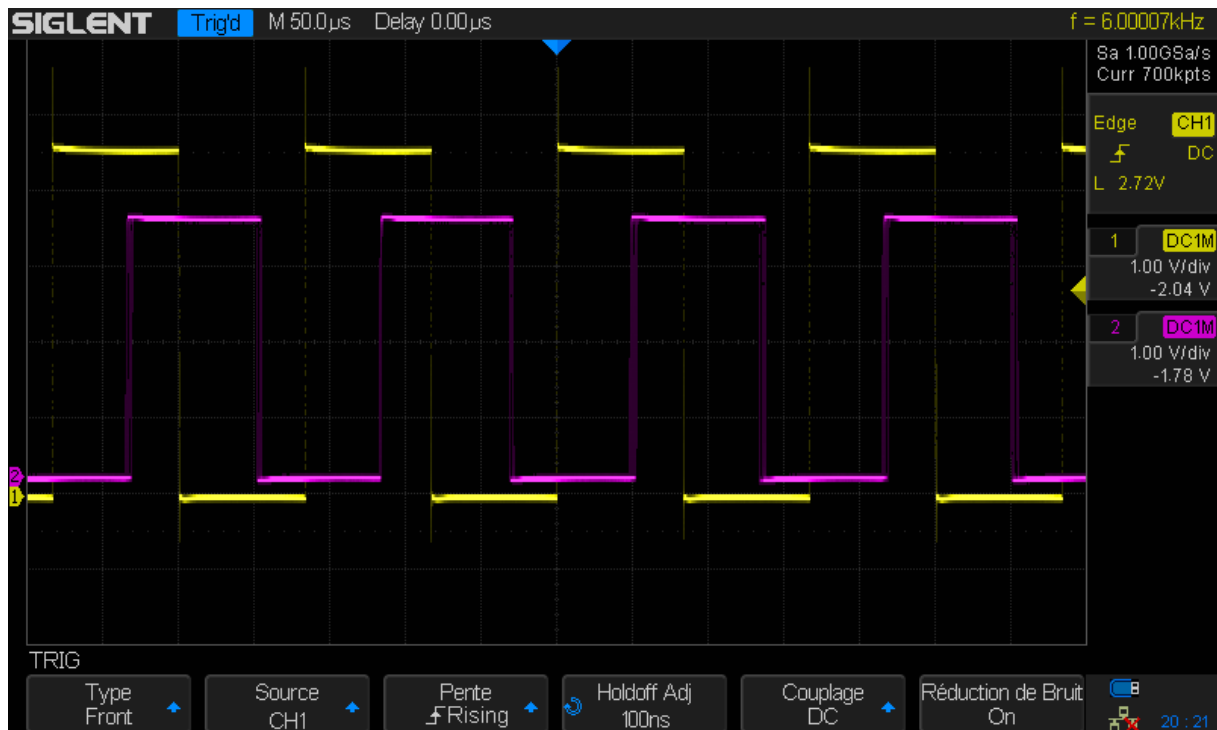


Figure 13 - Test 1 à 6 kHz

A 11 kHz :

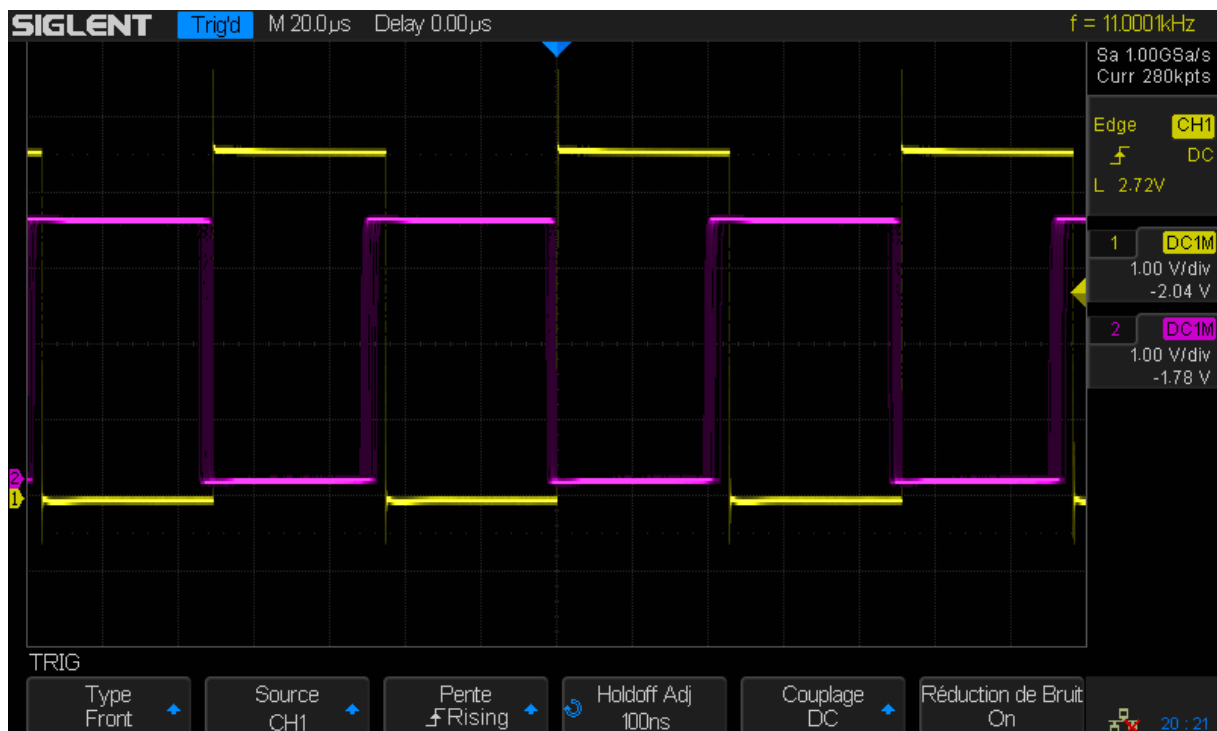
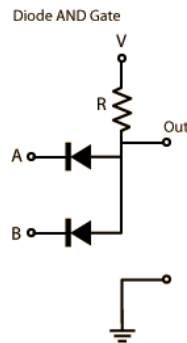


Figure 14 - Test 2 à 11 kHz

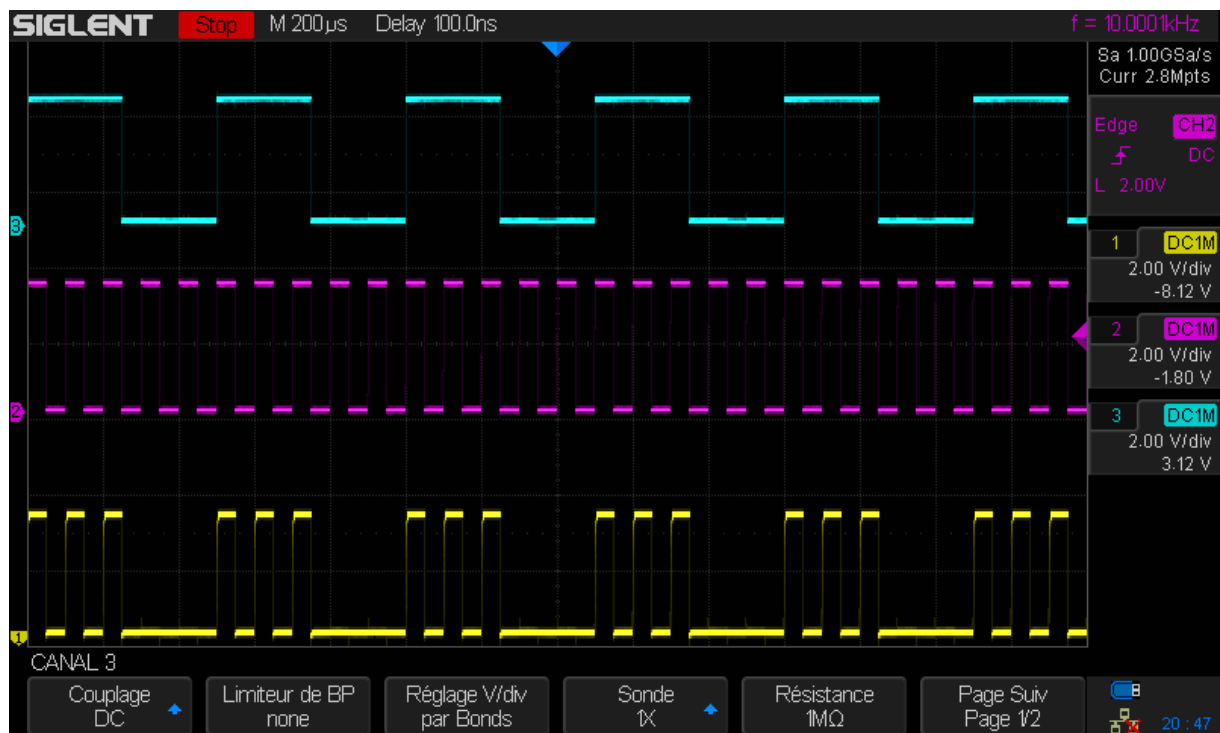
Pour la seconde partie, nous implémentons une porte logique ET grâce aux diodes de Schottky positionnées telles que dans l'image ci-dessous.



On envoie sur les deux entrées, un signal de fréquence différente. L'objectif est d'avoir en sortie un signal qui vérifie la propriété logique ET.

Nous avons obtenu les résultats ci-dessous : un ET logique, en bleu le signal envoyé sur le channel A et en rose le signal envoyé sur le channel B.

Enfin signal jaune, qui, après vérification, est la combinaison ET de chacun des signaux.



Pour la dernière étape, on relie la sortie de la porte logique à l'entrée du transmetteur, et on vérifie que l'on obtient bien le même signal.

Sur la dernière image, en vert le signal reçu par l'antenne, on en déduit que la trame est bien transmise.

La liaison inter-antenne permet donc d'envoyer et recevoir des trames entre-coupées.



On note, sur un signal transmis en basse (1 – 100Hz) et haute fréquence (22kHz – 27kHz) des parasites sur le signal visualisé.

Voici les mesures que nous avons réalisé :

	Fréquence	1kHz	5kHz	10kHz	15kHz	20kHz
VPP						
3		OK	OK	OK	OK	OK

### Vérification de conformité

**Est-ce que le système de transmission peut être utilisé ? Quelles seront les signaux (nature, amplitude, durée, fréquence) à fournir à la carte Tx ?**

Le système de transmission peut être utilisé, il faut faire attention à ce qu'une seule antenne émette pour ne pas brouiller les autres signaux. Nous avons été dérangés par plusieurs signaux provenant de nos voisins de paillasse.

La nature des signaux est carrée pour pouvoir transmettre des trames binaires dont le voltage est en accord avec les niveaux logiques haut et bas codés par le transmetteur.