

**Université de Sherbrooke**  
**Faculté de génie**  
**Département de génie électrique et de génie informatique**

# **Rapport d'app7 : Space-Invaders**

Interfaces utilisateurs graphiques

Présenté à  
L'équipe professorale

remis le 12 avril 2024

---

Poulin-Bergevin, Charles  
Stephenne, Laurent

Pouc1302  
stel2002

**Table des Matières**

|  |          |
|--|----------|
| <b>1 Reproduction du Problème</b>  | <b>1</b> |
| 1.1 Indiquer le schéma électrique . . . . .  | 1        |
| 1.2 Comparer le signal reçu aux spécifications de la carte . . . . .                   | 1        |
| <b>2 Analyse temporelle</b>  | <b>1</b> |
| 2.1 Identification de chaque créneau . . . . .   | 1        |
| 2.2 Explication du Problème . . . . .  | 2        |
| 2.3 Mesure par analyse temporelle des branches . . . . .                               | 2        |
| <b>3 Analyse fréquentielle</b>   | <b>3</b> |
| 3.1 Explication du problème dans le domaine fréquentiel . . . . .                      | 3        |
| 3.2 Détermination précise des longueurs des 3 branches . . . . .                       | 4        |
| <b>4 Solution du problème observé</b>  | <b>6</b> |
| 4.1 Solution simple sans modifier le réseau . . . . .                                  | 6        |
| 4.2 Solution en remplaçant le connecteur en T . . . . .                                | 6        |
| <b>5 Viabilité de la technologie</b>   | <b>6</b> |
| 5.1 Problèmes à 1GHz . . . . .   | 6        |
| 5.2 Est-ce qu'un réseau avec des centaines de clients fonctionne en full duplex? . . . | 7        |

## 1 Reproduction du Problème

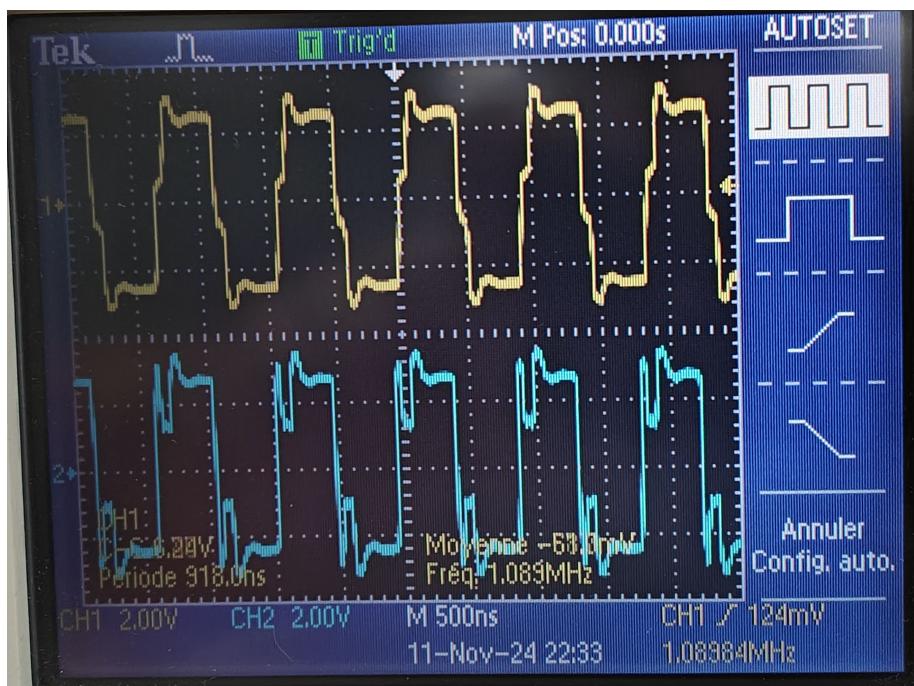
### 1.1 Indiquer le schéma électrique

### 1.2 Comparer le signal reçu aux spécifications de la carte

## 2 Analyse temporelle

### 2.1 Identification de chaque créneau

La figure suivante représente l'onde observée lorsque le signal possède une fréquence d'1MHz et qu'un des fils est resté en circuit ouvert. La ligne bleue représente le signal à l'entrée du circuit (connecteur du fil A). La ligne jaune représente le signal à l'extrémité du circuit (connecteur du fil B). Le fil C est laissé en circuit ouvert.



**FIGURE 1 – Diagramme de déploiement**

Lorsque l'on observe le cycle de la ligne bleue, on peut voir que juste après le début de l'émission du signal, une descente se produit lorsque la réflexion du signal se produit et revient à l'entrée du circuit. La réflexion est aussi forte car lorsqu'un fil est laissé en circuit ouvert, le coefficient de réflexion est de 1. On peut observer que la ligne jaune ne semble pas avoir les mêmes "corrections" induites par la réflexion que la ligne bleue. Cela s'explique par le fait que la réflexion a l'effet inverse sur la sortie. Si l'on observe attentivement, là où l'onde est augmenté sur la ligne bleu, elle diminue sur la ligne jaune et vice-versa, mais à une amplitude réduite aussi.

## 2.2 Explication du Problème

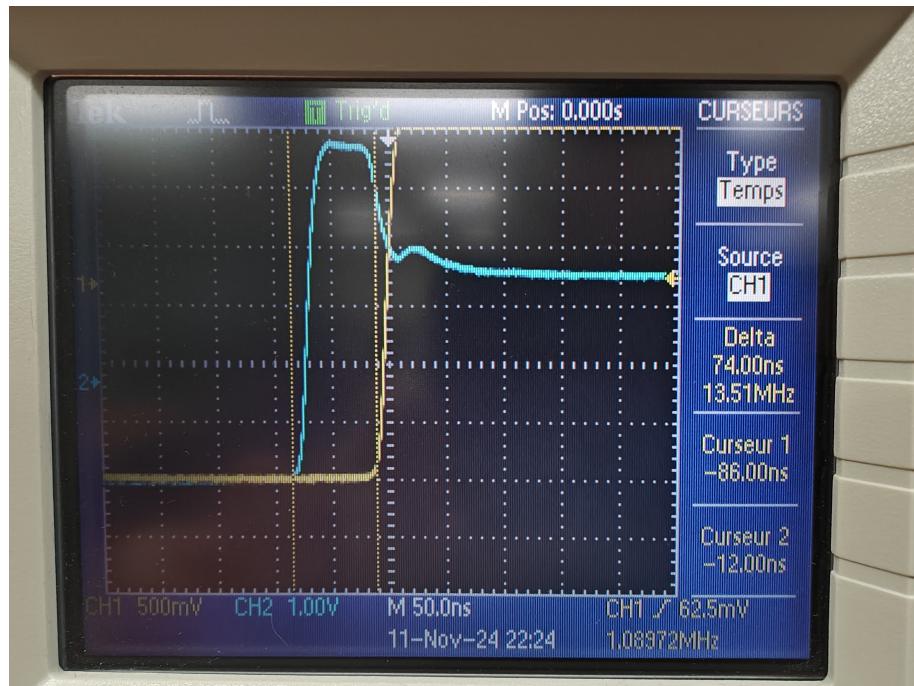
Comme on peut le voir dans les créneaux précédablements identifiés, il se passe de la réflexion dans le fil non connecté à une carte (le fil C pour les mesures démontrées). Cela vient donc brouiller le signal et empêche la bonne lecture du signal d'origine. Ce problème empire lors de l'augmentation de la fréquence. Comme vus dans les photos, l'onde réfléchie n'impact qu'une petite partie du signal d'origine lorsqu'à 1MHz. Cependant, lorsqu'à 10MHz, l'onde entière est impactée, à cause du racourcissement temporel de chaque créneaux, brouillant ainsi le signal en entier.

## 2.3 Mesure par analyse temporelle des branches

En utilisant la formule suivante, on peut calculer la longueur du fil si l'on connaît la vitesse de transmission dans notre fil et le temps de transmission :

$$v = \frac{\Delta X}{\Delta T} \quad (1)$$

Donc, en utilisant les résultats suivants obtenus en prenant la mesure entre l'émission de l'onde et sa réception à l'autre extrémité du circuit ,comme la figure ci-dessous le démontre, On peut arriver aux résultats suivants.



**FIGURE 2 – Mesure temporelle du temps de réception du signal**

**TABLE 1 – Résultats des mesures temporelles**

| Fil d'entrée | Fil d'extrémité | Fil ouvert | Résultat (ns) |
|--------------|-----------------|------------|---------------|
| A            | B               | C          | 74            |
| B            | C               | A          | 60            |
| C            | A               | B          | 52            |

La vitesse de transmission assumée du fil est de 2/3 de la vitesse de la lumière, ce qui donne :

$$2 * 10^8 \frac{m}{s} \quad (2)$$

On peut donc obtenir les résultats suivants en utilisant nos mesures et la formule de vitesse 1 on obtient 3 équations et 3 inconnues.

**TABLE 2 – Longueurs selon les mesures temporelles**

| Fil | Longueur (m) |
|-----|--------------|
| A   | 5,9          |
| B   | 7.7          |
| C   | 4.3          |

### 3 Analyse fréquentielle

#### 3.1 Explication du problème dans le domaine fréquentiel

Au niveau fréquentiel, les problèmes survenants sont surtout liés au principe de l'impédance ramenée. Cela fait, que la réflexion crée des annulations partielles trop importantes. Cela vient diminuer l'amplitude du signal jusqu'à un point où la carte ne peut plus lire le signal émis (amplitude plus basse que 0.5V). Ce phénomène se produit lorsque la longueur d'un câble est proche d'un multiple de la longueur d'onde du signal.

Ces problèmes peuvent être réglés en adaptant l'impédance du circuit (rajouter des fin de connexions sur les fils non-utilisés), en s'assurant que les fils possèdent une bonne longueur selon la fréquence souhaitée, ou encore en utilisant des câbles spécialisés possédant déjà l'impédance souhaitée.

### 3.2 Détermination précise des longueurs des 3 branches

Le principe d'inductance ramenée explique le fait que lorsque la longueur du fil correspond au quart de la longueur d'onde, l'onde émise se voit presque annulée en amplitude (car réduite par sa propre réflexion). Cela veut donc dire que le fil mesuré est le fil ouvert.

$$L = \frac{\lambda}{4} \quad (3)$$

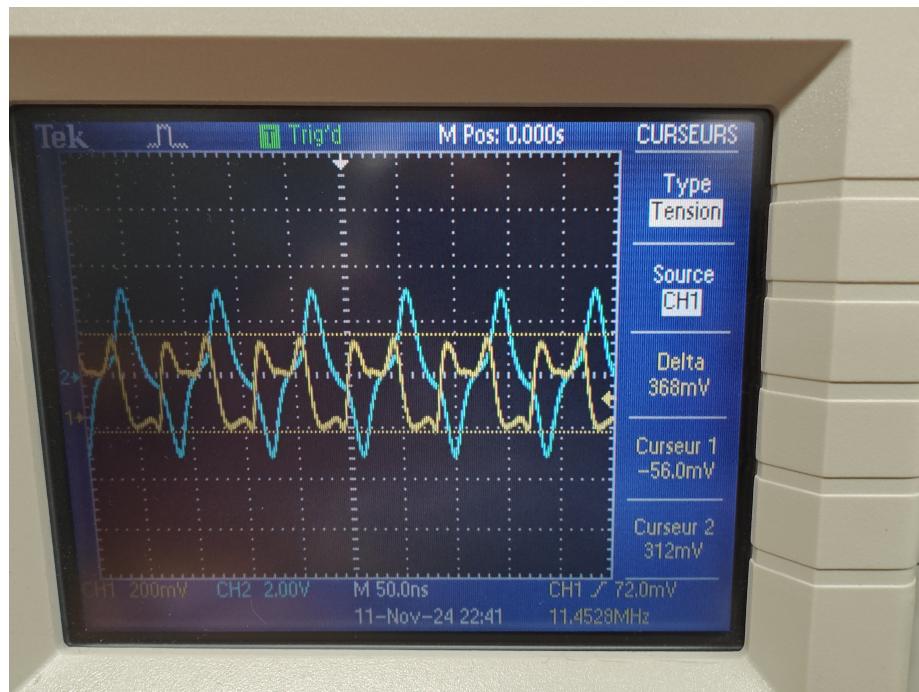
En utilisant la formule suivante, on peut calculer la longueur du fil si l'on connaît la vitesse de transmission dans notre fil et la fréquence :

$$\lambda = \frac{v}{F} \quad (4)$$

on peut donc combiner les équations 3 et 4 et le fait que nos fréquences seront en MHz et que notre vitesse est une constante 2 afin d'obtenir la simple équation suivante :

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{2 * 10^8}{F * 10^6} \\ L &= \frac{200}{F} / 4 \\ L &= \frac{50}{F} \end{aligned} \quad (5)$$

Donc, en utilisant les résultats suivants obtenus en prenant la mesure de la fréquence lorsque l'amplitude est la plus réduite possible, comme la figure ci-dessous le démontre, on peut arriver aux résultats suivants.



**FIGURE 3 – Mesure fréquentielle d’atténuation du signal**

**TABLE 3 – Résultats des mesures fréquentielles**

| Fil d’entrée | Fil d’extrémité | Fil ouvert | Résultat (MHz) |
|--------------|-----------------|------------|----------------|
| B            | C               | A          | 8.18           |
| C            | A               | B          | 6.5            |
| A            | B               | C          | 11.45          |

On peut donc obtenir les résultats suivants en utilisant nos mesures et la formule de vitesse 1 on obtient 3 équations et 3 inconnues.

**TABLE 4 – Longueurs selon les mesures fréquentielles**

| Fil | Longueur (m) |
|-----|--------------|
| A   | 6.11         |
| B   | 7.69         |
| C   | 4.40         |

On peut donc voir que les mesures concordent avec celles obtenues en 2

## 4 Solution du problème observé

### 4.1 Solution simple sans modifier le réseau

La solution simple venant régler les différents problèmes déterminés par nos tests est de ne laisser aucun fils en circuit ouvert. Cela veut dire qu'il faut absolument que chaque fils aient une impédance de 50ohms à leurs bouts, que ce soit par une carte ou un simple connecteur possédant la bonne impédance. Cela vient régler les problèmes d'impédance ramenée et les problèmes de réflexion.

### 4.2 Solution en remplaçant le connecteur en T

Le connecteur en T devrait être remplacé par un connecteur en T dont chaque connecteur possède déjà une impédance adaptée, permettant ainsi d'annuler la réflexion causée par le connecteur. De plus, comme pour la solution simple, il ne faut pas de circuits ouverts, on doit donc avoir une carte ou simplement une résistance rajoutée à chaque fin de connection afin d'éviter de la réflexion. Le calcul suivant démontre les résistances nécessaires pour adapter l'impédance du connecteur en T comme expliqué précédemment.

$$\begin{aligned}
 Zl &= Zc = 50 \\
 R1 &= R2 = R3 \\
 Zl &= R1 + [(R3 + Zc) // (R2 + Zc)] \\
 Zl &= R1 + \left( \frac{1}{R3 + Zc} + \frac{1}{R2 + Zc} \right)^{-1} \\
 Z &= R + \left( \frac{2}{R + Z} \right)^{-1} \\
 Z &= R + \frac{R + Z}{2} \\
 50 &= R + \frac{R + 50}{2} \\
 25 &= R + \frac{R}{2} \\
 25 * \frac{2}{3} &= R1 \\
 R &= 16.66
 \end{aligned} \tag{6}$$

## 5 Viabilité de la technologie

### 5.1 Problèmes à 1GHz

**5.2 Est-ce qu'un réseau avec des centaines de clients fonctionne en full duplex ?**