

ENSEIRB-MATMECA  
BORDEAUX-INP

2A ÉLECTRONIQUE  
CEM  
EA229

---

# Étude du couplage et de la propagation d'une perturbation sur un PCB TP machine

---

*Élèves :*

Maxime LETEMPLE  
Samuel BARIS

*Enseignant :*

Laurine CURIOS

6 mars 2023

## Table des matières

1	Introduction	2
2	Schéma électrique global équivalent	2
3	Paramètres S des tronçons de ligne	2
4	Effet des condensateurs de découplage	3
5	Étude du couplage par diaphonie inductive	6
6	Étude du couplage par diaphonie capacitive	6
7	Bilan sur les couplages par diaphonie	7
8	Effet de la perturbation sur le comparateur	7

## Table des figures

1	Schéma simplifié équivalent . . . . .	2
2	Paramètre S11 de l3 . . . . .	3
3	Paramètre S21 de l3 . . . . .	3
4	Transfert de $V_p$ à l'ADC avec C1 et C2 . . . . .	4
5	Transfert de $V_p$ à l'ADC avec C1 . . . . .	4
6	Transfert de $V_p$ à l'ADC avec C2 . . . . .	5
7	Transfert de $V_p$ à l'ADC sans capacité de découplage . . . . .	5
8	Transfert de $V_a$ au comparateur en diaphonie inductive . . . . .	6
9	Transfert de $V_a$ au comparateur en diaphonie capacitive . . . . .	7
10	Signal idéal en sortie du comparateur . . . . .	8
11	Signal en entrée et en sortie du comparateur avec perturbation à la fréquence $f = 50 \text{ MHz}$ . . . . .	8
12	Signal d'alimentation de l'ADC . . . . .	8

## 1 Introduction

Le but de ce TP est d'étudier le couplage et la propagation d'une interférence, ainsi que son effet sur le fonctionnement d'une carte électronique. La modélisation d'un circuit électronique même simple étant complexe, nous utiliserons le logiciel ADS d'Agilent. Nous nous intéresserons exclusivement à la bande de fréquence 100 kHz - 1 GHz.

## 2 Schéma électrique global équivalent

On peut simplifier le schéma de manière à faciliter les calculs. On modélise les lignes par des blocs notés  $l_n$  en *figure 1*.

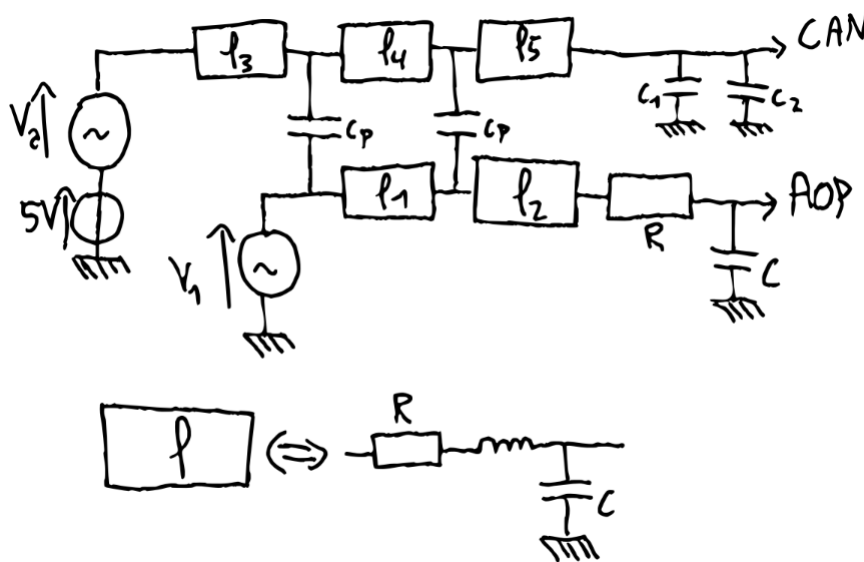


FIGURE 1 – Schéma simplifié équivalent

## 3 Paramètres S des tronçons de ligne

On utilise le logiciel ADS pour simuler les paramètres S11 et S21 de la ligne l3 (*figure 2* et *figure 3*).

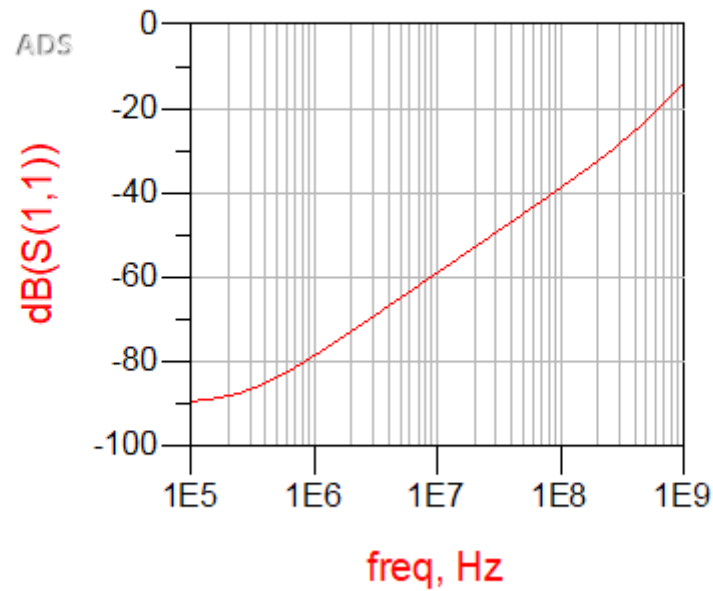


FIGURE 2 – Paramètre S11 de l3

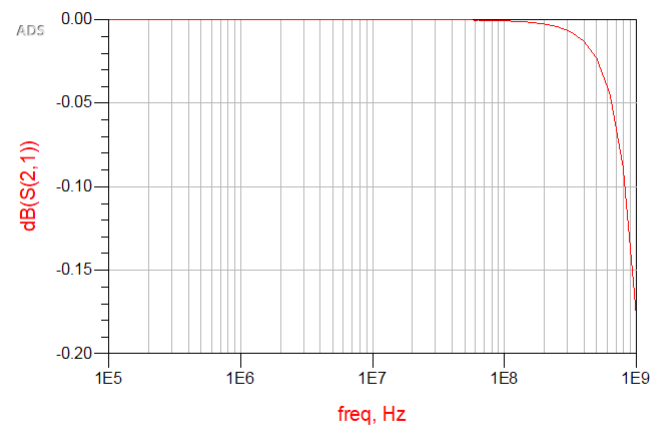


FIGURE 3 – Paramètre S21 de l3

## 4 Effet des condensateurs de découplage

On étudie la fonction de transfert entre  $V_p$  et l'entrée de l'ADC. Avec la capacité  $C1$ , on a un problème en hautes fréquence. Avec la capacité  $C2$ , on a un problème pour

des fréquences de l'ordre du MHz. C'est seulement avec les deux capacités que toutes les perturbations sont efficacement filtrées.

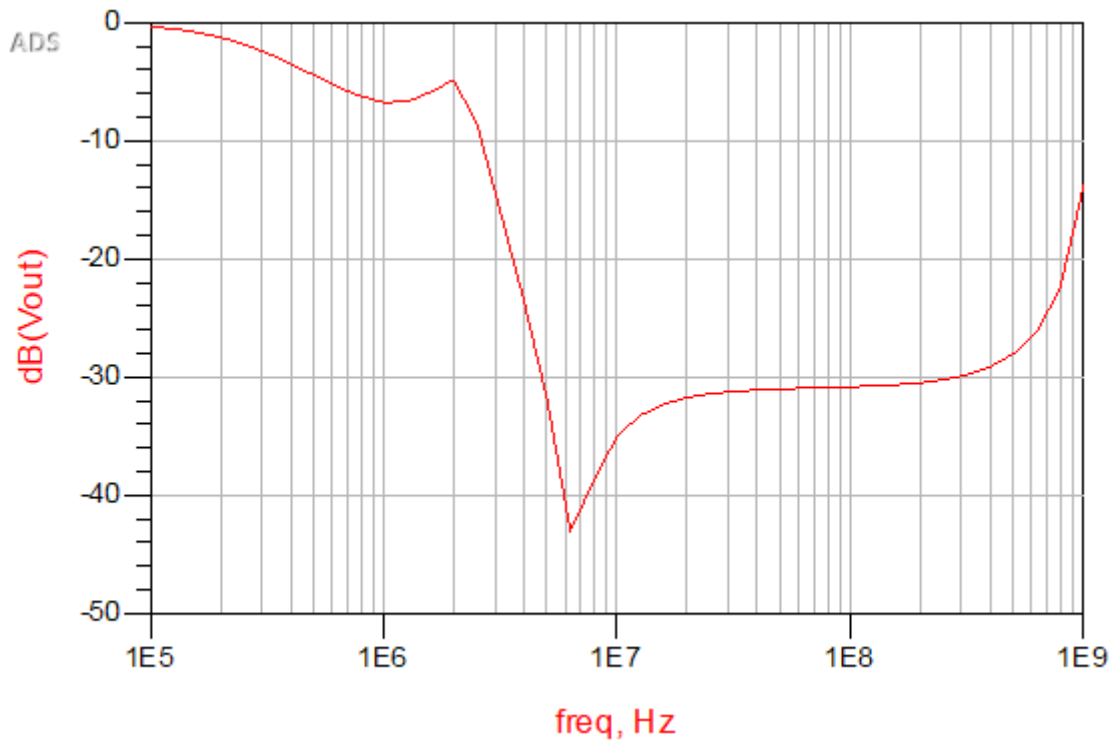


FIGURE 4 – Transfert de  $V_p$  à l'ADC avec  $C_1$  et  $C_2$

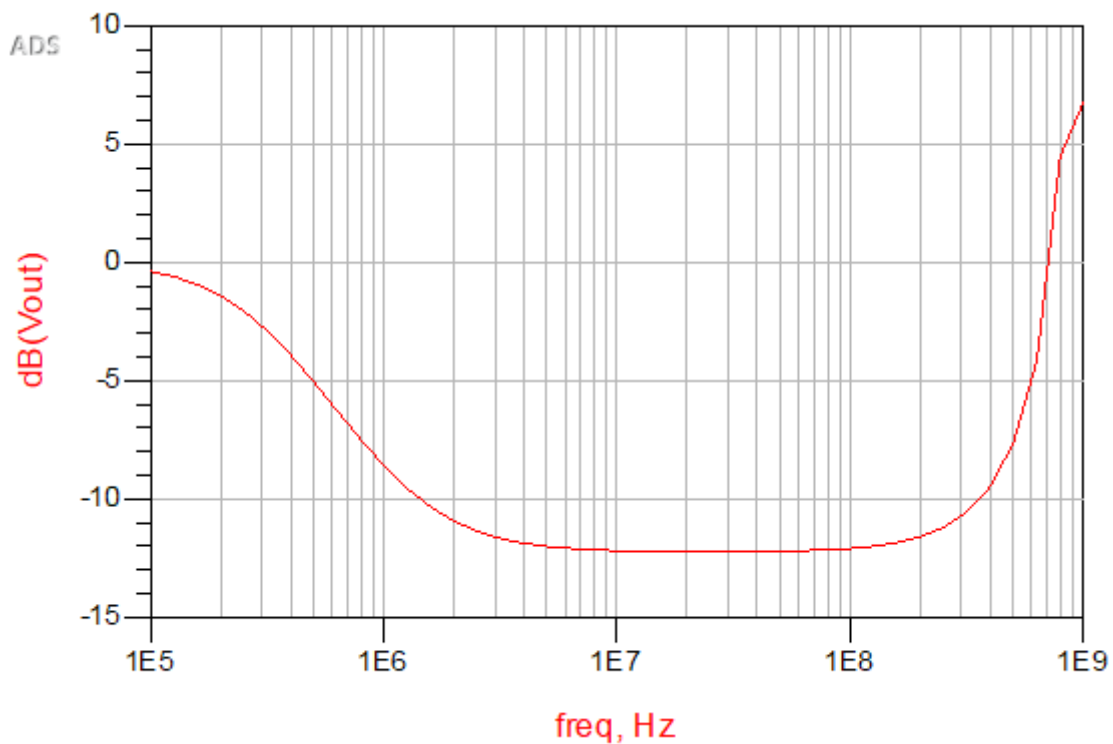


FIGURE 5 – Transfert de  $V_p$  à l'ADC avec  $C_1$

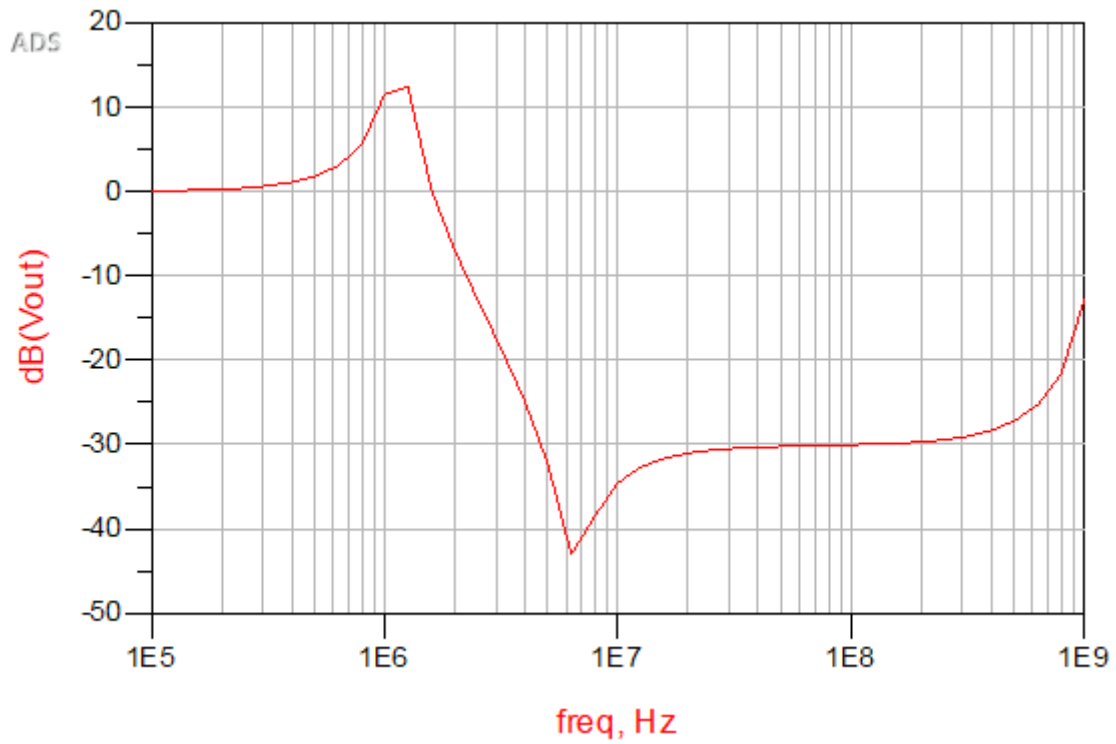


FIGURE 6 – Transfert de  $V_p$  à l'ADC avec C2

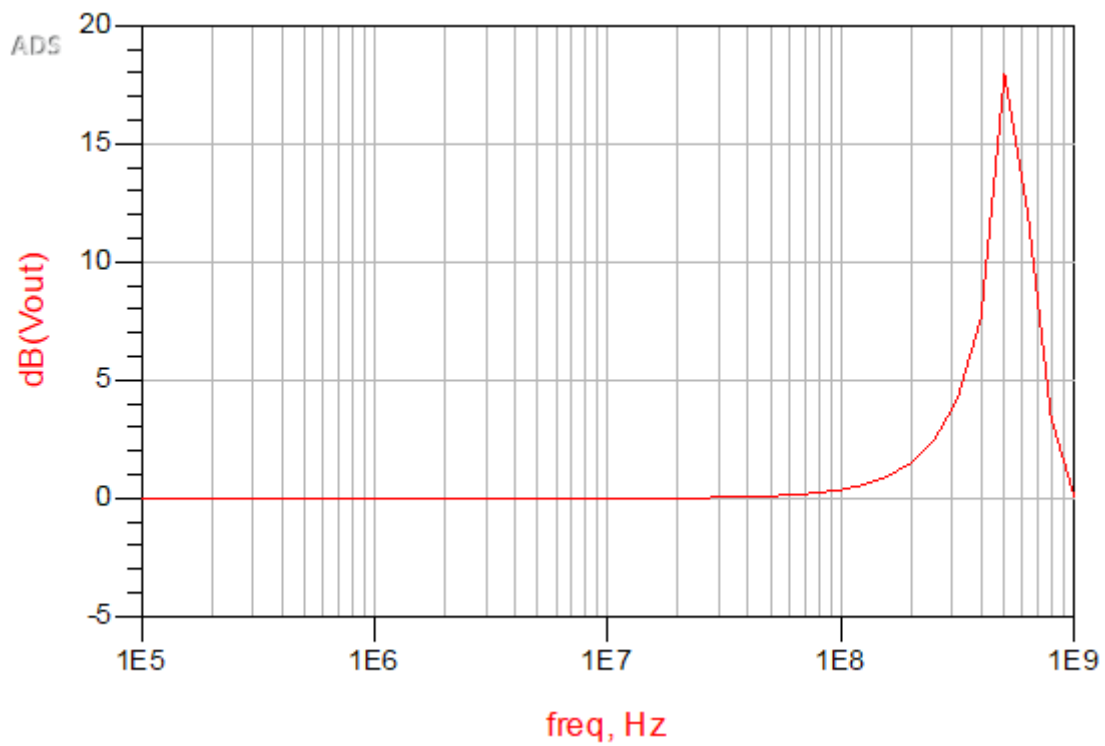


FIGURE 7 – Transfert de  $V_p$  à l'ADC sans capacité de découplage

## 5 Étude du couplage par diaphonie inductive

On étudie maintenant le couplage par diaphonie inductive entre l1 et l4. On applique une auto-inductance de facteur 0.7. On simule la fonction de transfert entre Va et l'entrée du comparateur (*figure 8*).

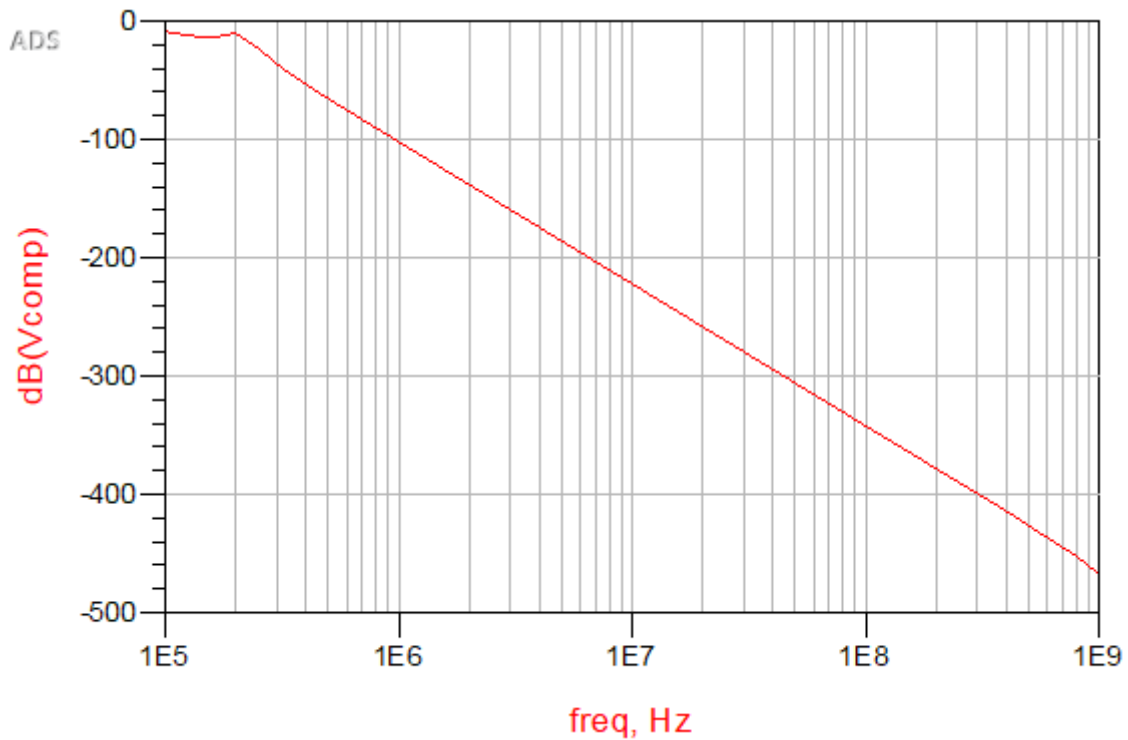


FIGURE 8 – Transfert de Va au comparateur en diaphonie inductive

## 6 Étude du couplage par diaphonie capacitive

On étudie maintenant le couplage par diaphonie capacitive. On simule la fonction de transfert entre Va et l'entrée du comparateur (*figure 9*).

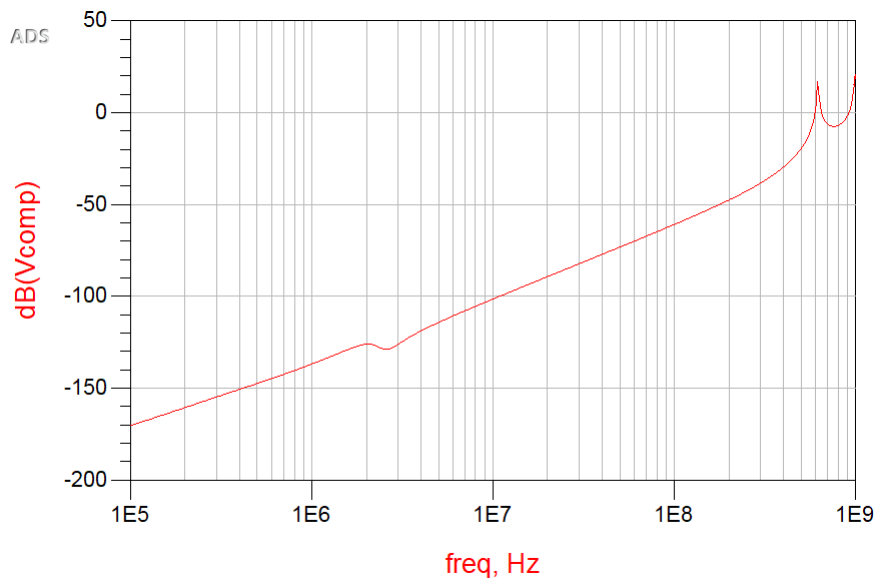


FIGURE 9 – Transfert de  $V_a$  au comparateur en diaphonie capacitive

## 7 Bilan sur les couplages par diaphonie

Le couplage capacitif contribue donc le plus à la propagation du signal parasite en hautes fréquences (de l'ordre du GHz) et le couplage inductif contribue le plus en basses fréquences (100 kHz).

## 8 Effet de la perturbation sur le comparateur

On étudie maintenant la perturbation dans un cas pratique. On mesure la sortie du comparateur, qui récupère entrée un sinus et le compare avec 0 V. Le signal idéal (sans perturbations) est affiché en *figure 10*.

Pour une fréquence de perturbation  $f = 50 \text{ MHz}$ , on remarque que la sortie est déformée (*figure 11*). En effet, l'entrée du comparateur est perturbée, et les passages à 0 du sinus ne se font plus aux bons moments.

On observe en *figure 12* que l'alimentation de l'ADC est elle aussi perturbée. Au lieu d'être constante à 5V, on a une variation de  $\pm 800 \text{ mV}$ . Cette perte de précision est considérable : un ADC de 12 bits avec une alimentation de 5V a un quantum de  $1.22 \text{ mV}$ . La variation d'alimentation représente 655 quantum environ, ce qui signifie que les 9 bits de poids faible sont incorrects.



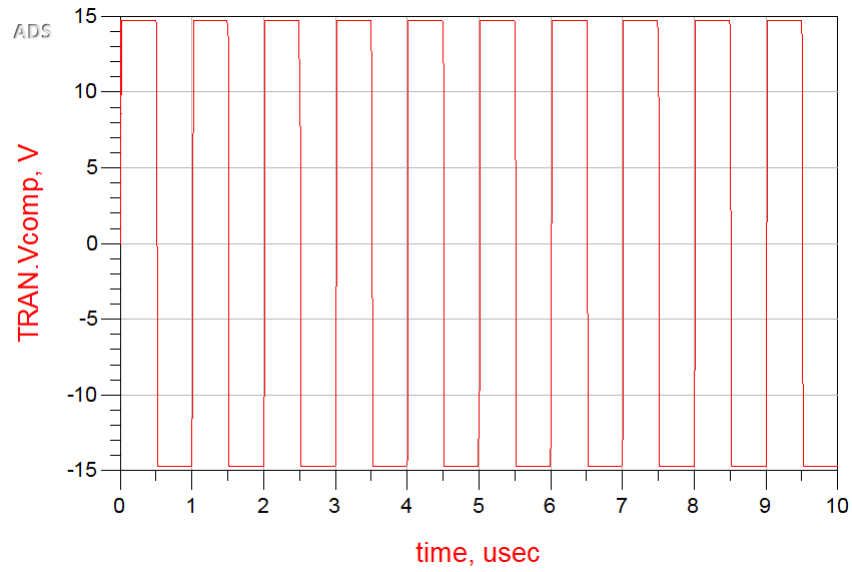


FIGURE 10 – Signal idéal en sortie du comparateur

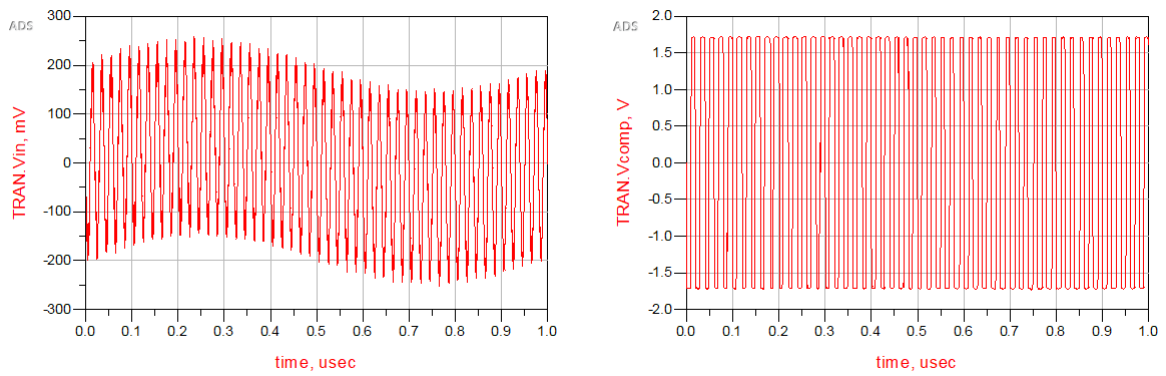


FIGURE 11 – Signal en entrée et en sortie du comparateur avec perturbation à la fréquence  $f = 50 \text{ MHz}$

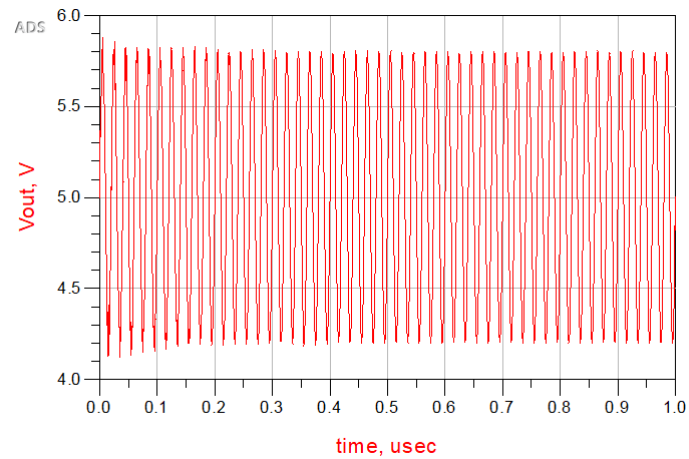


FIGURE 12 – Signal d'alimentation de l'ADC