

Compte Rendu

Ecole Nationale Supérieure de l'Electronique et de ses Applications

Electronique Analogique

TP2 - Simulation de l'interface air d'une RFID 13,56MHZ (NFC)

2^{eme} Année

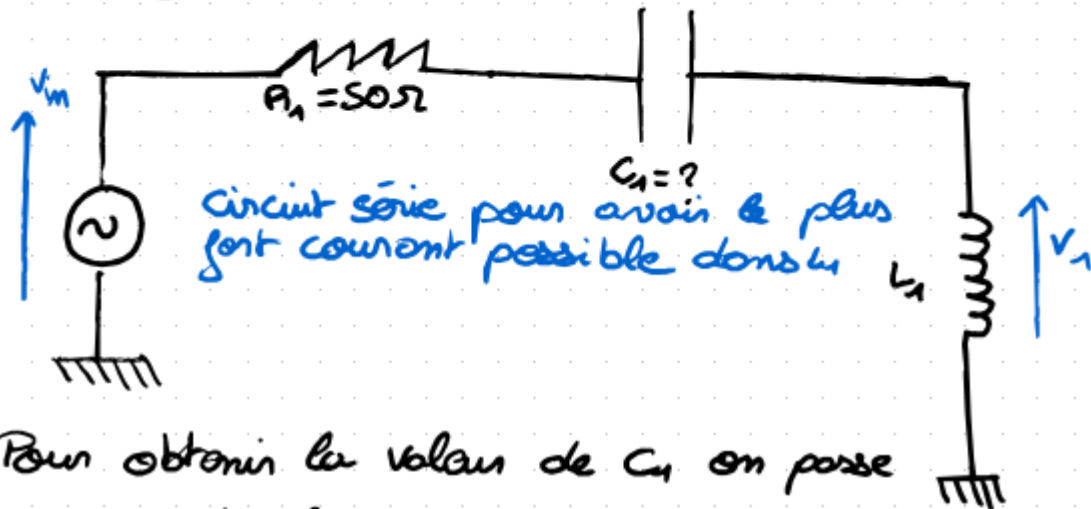
Année : 2023 - 2024

Camille Lanfredi

Rémi Weidle

1. Préparation

On souhaite une réponse en fréquence à $f_0 = 13,56 \text{ MHz}$. On approximera qu'il n'y a pas de couplage.



Pour obtenir la valeur de C_1 on pose par un dipôle équivalent.

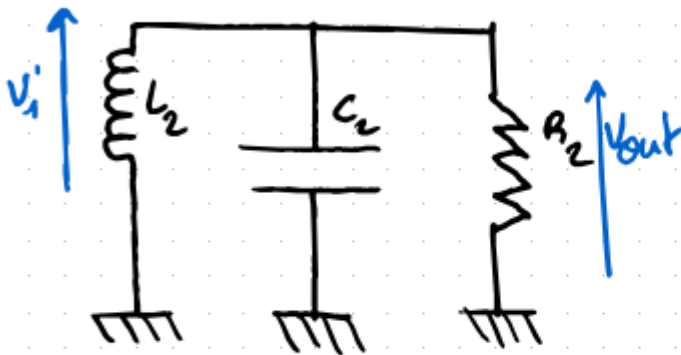
$$\begin{aligned}
 (1) \quad Z_{eq} &= R + \frac{1}{jC_1\omega} + jL_1\omega \\
 (2) \quad \frac{V_1}{V_{in}} &= \frac{jL_1\omega}{R + \frac{1}{jC_1\omega} + jL_1\omega} \\
 (2) \Leftrightarrow \frac{V_1}{V_{in}} &= \frac{j^2 L_1 C_1 \omega^2}{1 - L_1 C_1 \omega^2 + jR C_1 \omega} \quad \rightarrow \text{minimol lorsque } 1 - L_1 C_1 \omega_0^2 \Leftrightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}}
 \end{aligned}$$

AN: $C = 1,367 \text{ nF}$

$L_1 = 100 \text{ nH}$

$f_0 = 13,56 \text{ MHz}$

On s'intéresse maintenant au secondaire.



Le secondaire est en parallèle pour obtenir la plus grande tension possible au secondaire.

On se pose par un dipôle équivalent.

$$Y_{eq} = \frac{1}{jL_2\omega} + \frac{1}{R_2} + jC_2\omega = \frac{R_2 - R_2L_2C_2\omega^2 + jL_2\omega}{jL_2R_2\omega}$$

$$= \frac{1 - L_2C_2\omega^2 + j\frac{L_2}{R_2}\omega}{jL_2\omega}$$

Donc $Z_{eq} = \frac{jL_2\omega}{1 - L_2C_2\omega^2 + j\frac{L_2}{R_2}\omega}$ → minimal pour $1 - L_2C_2\omega^2 = 0$

Donc $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_2C_2}}$

AN: $C_2 = 5,48 \text{ nF}$

$L_2 = 25 \text{ mH}$

$f_0 = 13,56 \text{ MHz}$

On prendra $f = 13,56 \text{ MHz}$ et $L = 25 \text{ mH}$.

2. Circuits primaire et secondaire d'une RFID

Dans un premier temps, nous réalisons le schéma électrique d'une RFID. Celui-ci est séparé en 2 parties : le primaire correspondant au lecteur RFID, envoyant des ondes et au secondaire, une puce RFID recevant ces ondes. Au centre, le bloc « mutual » permet de coupler les 2 circuits.

Nous configurons les valeurs prédéterminées en préparation pour C1 et C2, et prenons $K=0,5$; puis nous effectuons une analyse linéaire AC sur une bande de fréquence de 1MHz de part et d'autre de 13,56MHz.

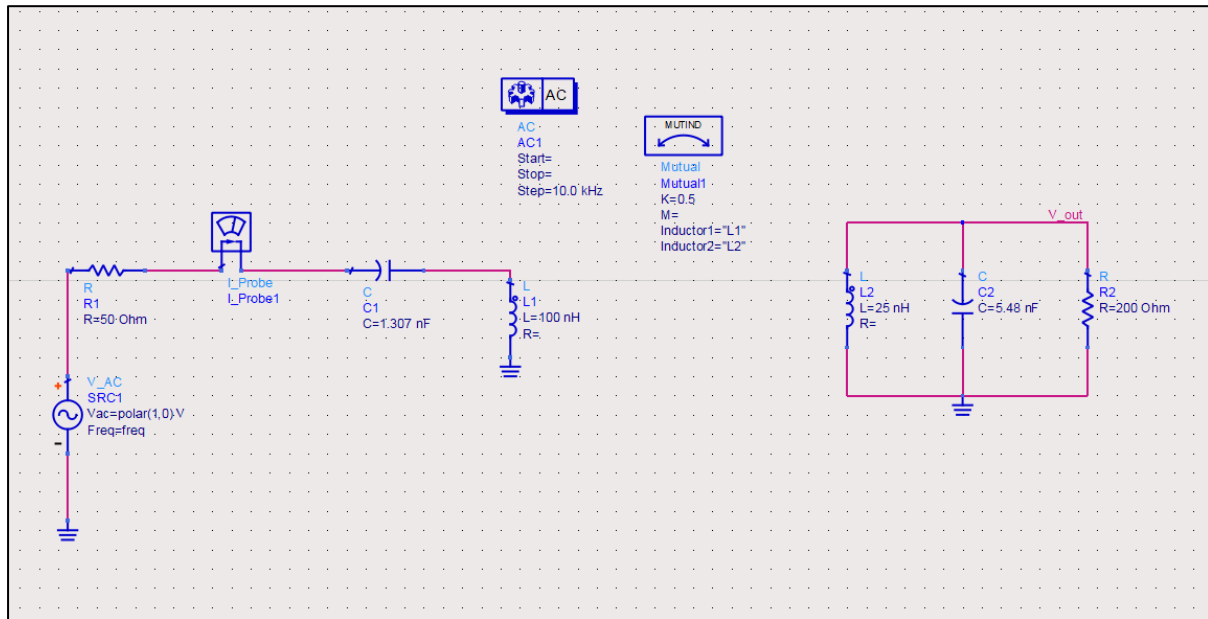


Fig1. Schéma complet du RFID (primaire + secondaire)

Nous obtenons ces courbes :

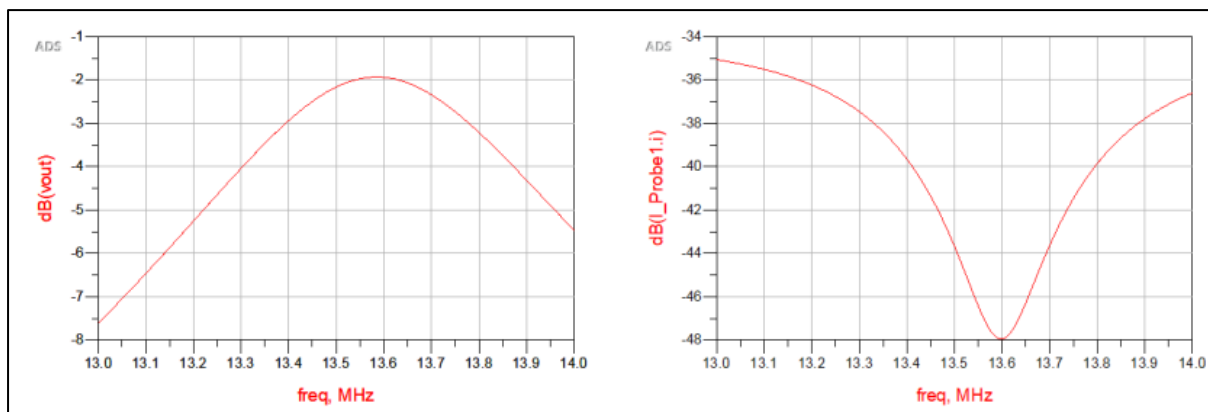


Fig2. Chronogrammes de la tension de sortie Vout (à gauche) et du courant primaire (à droite)

Comme nous pouvons le constater, le maximum fréquentiel est atteint à 13,6 MHz et non 13,56 MHz. Pour y parvenir, nous devons déterminer les bonnes valeurs des condensateurs

et de K. Pour cela, nous utilisons l'outil "tuner" permettant de faire varier les valeurs des condensateurs.

Et nous obtenons cette fois-ci ces courbes :

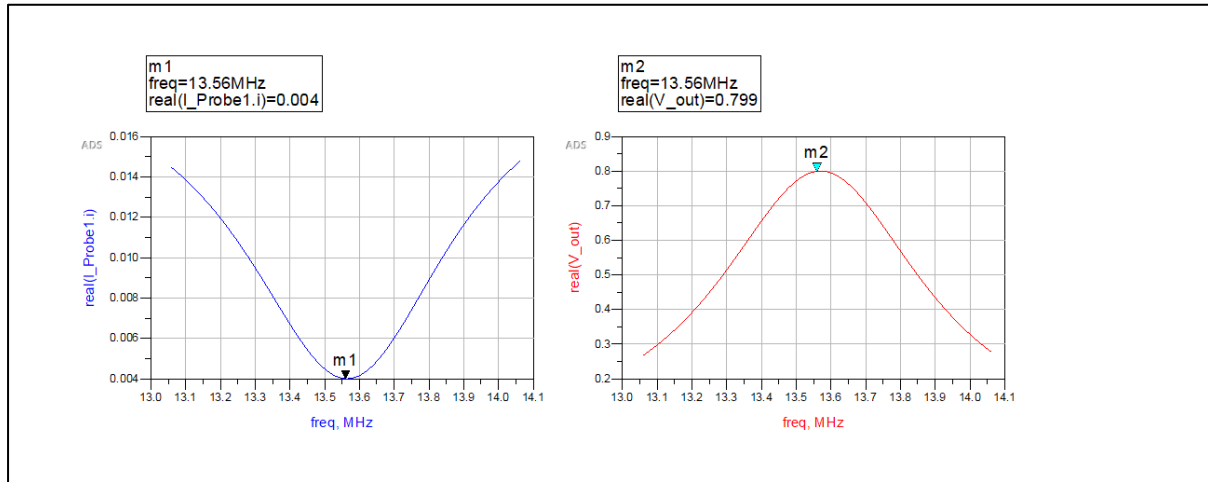


Fig3. Chronogrammes de la tension de sortie V_{out} (à droite, en rouge) et du courant primaire (à gauche en bleu) adaptés

Le maximum est bien atteint à la fréquence 13,56MHz, mais il reste une dernière condition à vérifier celle de ne pas dépasser les 0,5 dBm sur 200kHz de part et d'autre de 13,56MHz. Nous devons donc, utiliser à nous outils « tuner » sur les condensateurs et K.

Ainsi, nous obtenons bien sur le chronogramme du signal de sortie un maximum fréquentiel en 13,56MHz avec à 200kHz de part et d'autre une puissance ne dépassant pas 0,5 dBm.

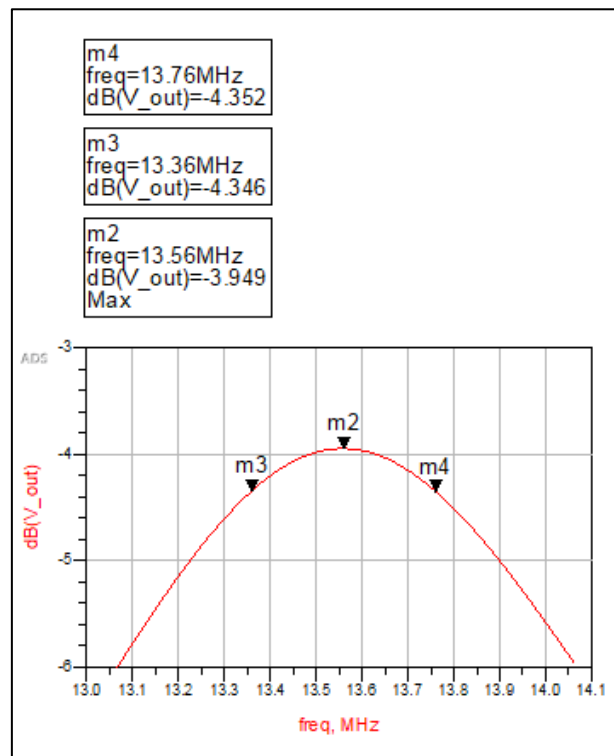


Fig4. Chronogrammes de la tension de sortie V_{out}

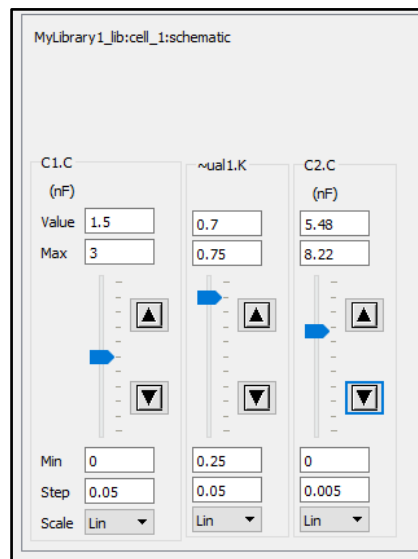


Fig5. Configuration des condensateurs et de K via l'outil « tune »

Nous obtenons donc :

- $C1 = 1,5\text{nF}$
- $C2 = 5,48\text{nF}$
- $K = 0,7$

3. Télé-Alimentation du tag RFID

Dans cette partie, l'objectif est d'alimenter la puce RFID avec l'énergie des ondes reçues. Cela permet d'éviter une source d'alimentation permanente de type batterie et/ou pile.

Nous devons donc créer un module convertisseur AC/DC (*doubleur de Schenkel*) à l'aide de capacités de 10nF et de diodes Schottky. L'interrupteur commandé et la résistance de 10k symbolisent les appels de courant d'alimentation du séquenceur. Le séquenceur est dispositif logique qui appel du courant uniquement lorsqu'il commute.

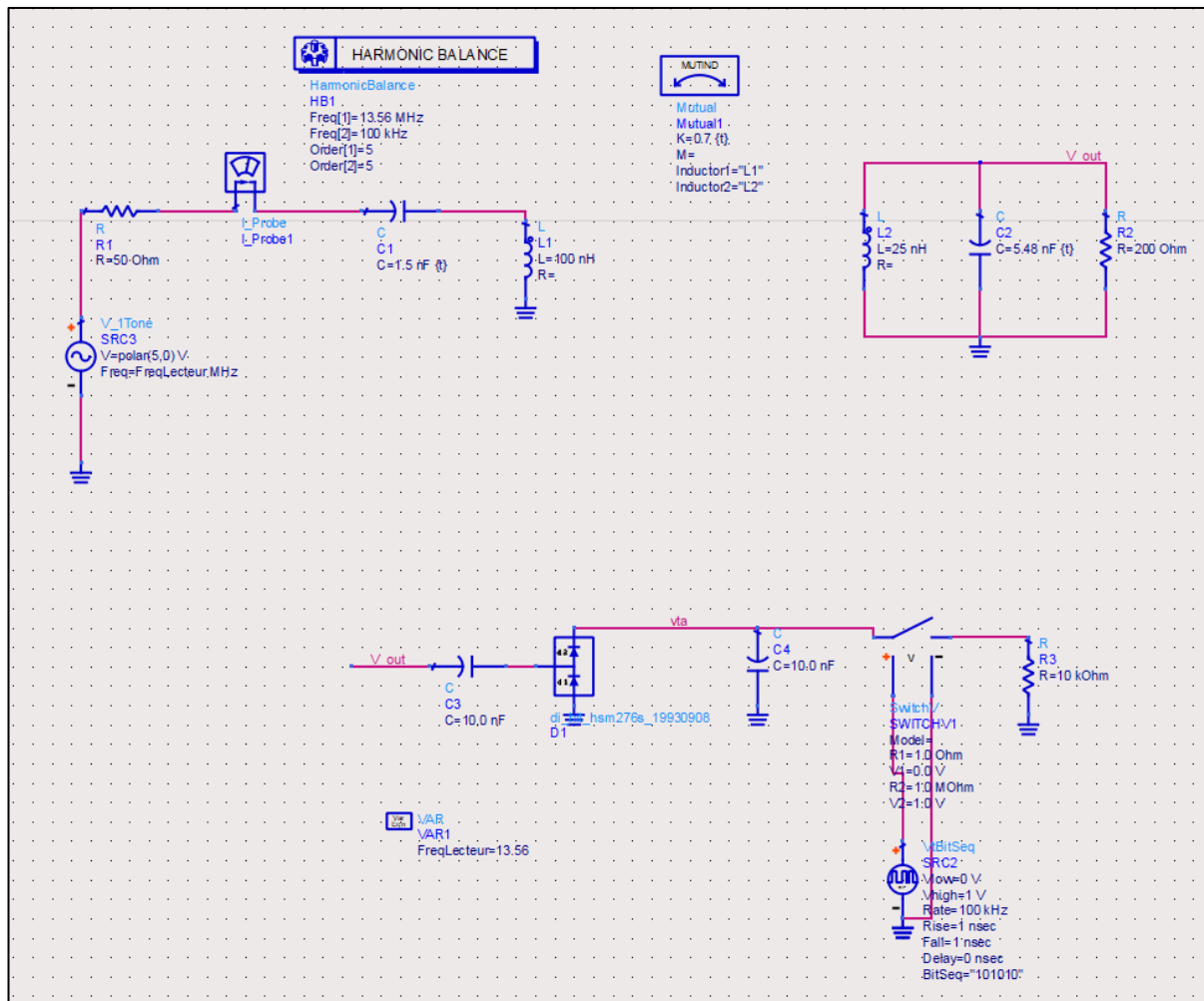


Fig6. Schéma électrique complet

Attention : Nous devons changer la source V_AC par une source V_1Tone.

Après simulation, nous obtenons les chronogrammes suivants :

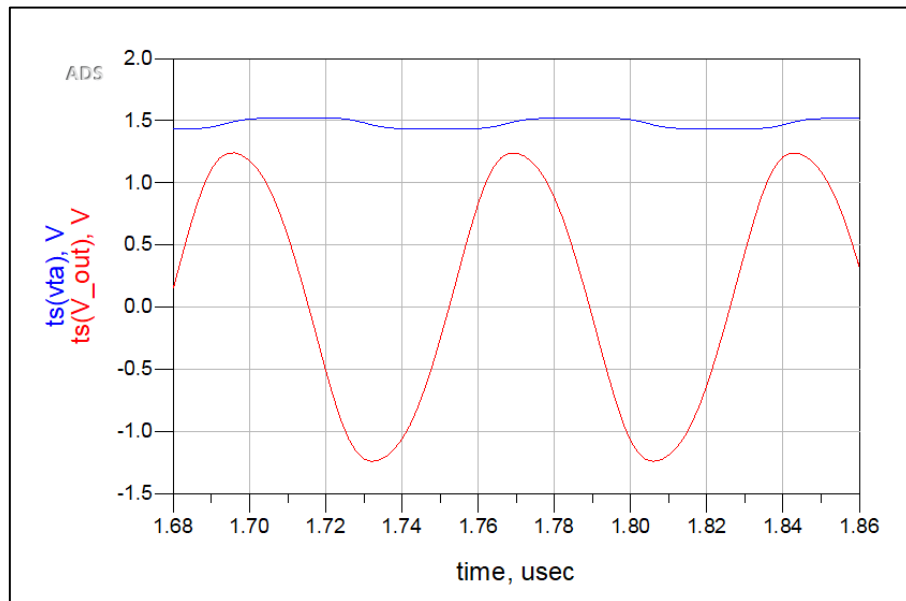


Fig7. Chronogrammes du signal de sortie Vout (en rouge) et du signal de télé-alimentation Vta (en bleu)

Si nous zoomons sur le signal de télé-alimentation, nous obtenons ceci :

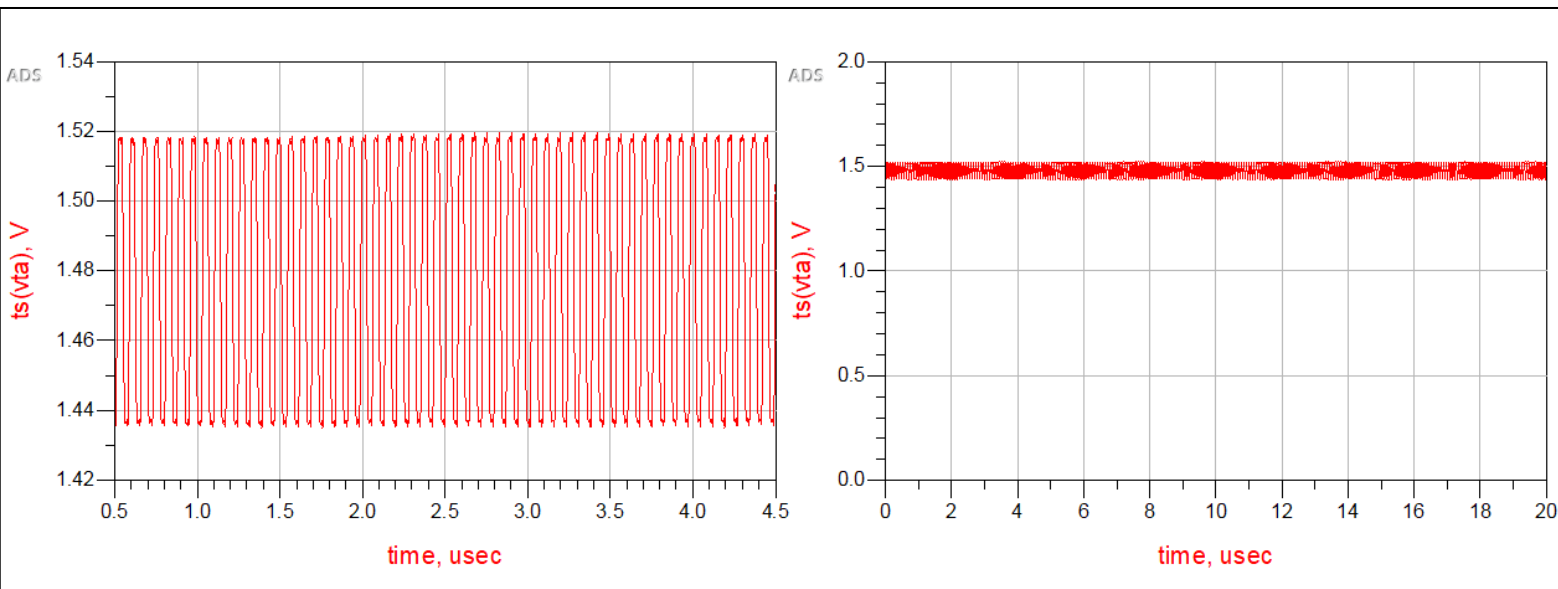


Fig8. Chronogrammes du signal de sortie du signal de télé-alimentation Vta

Nous constatons que le signal de sortie (au secondaire) est bien alimenté par une tension oscillante entre 1,52V et 1,44V, mais elle peut donc être considérée comme continue autour de 1,5V.

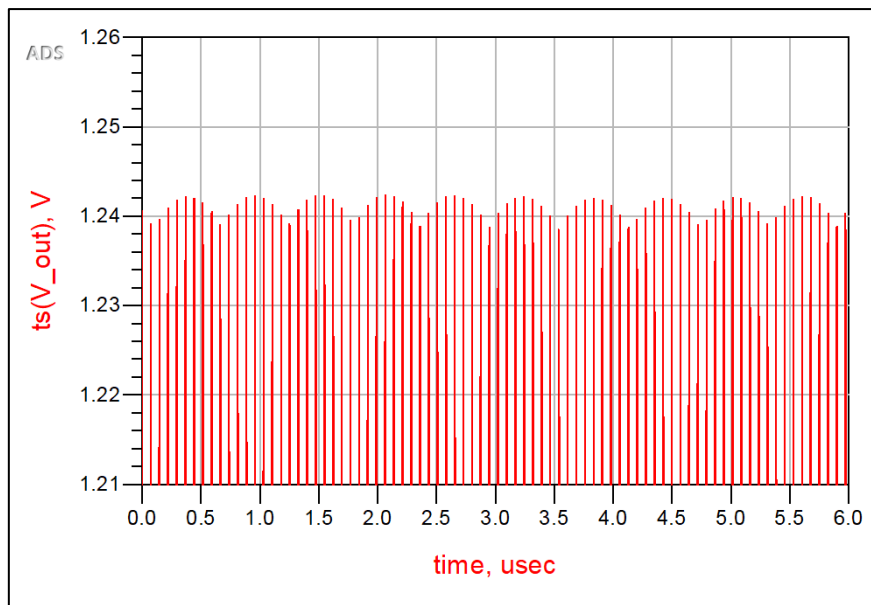


Fig9. Visualisation de l'effet de V_{ta} sur V_{out}

En outre, nous pouvons voir l'effet engendrer par le signal de télé alimentation V_{ta} . Ayant, un signal de télé alimentation réel oscillant, celui-ci se répercute sur le signal de sortie. D'où sur le signal de sortie de très légère oscillation.

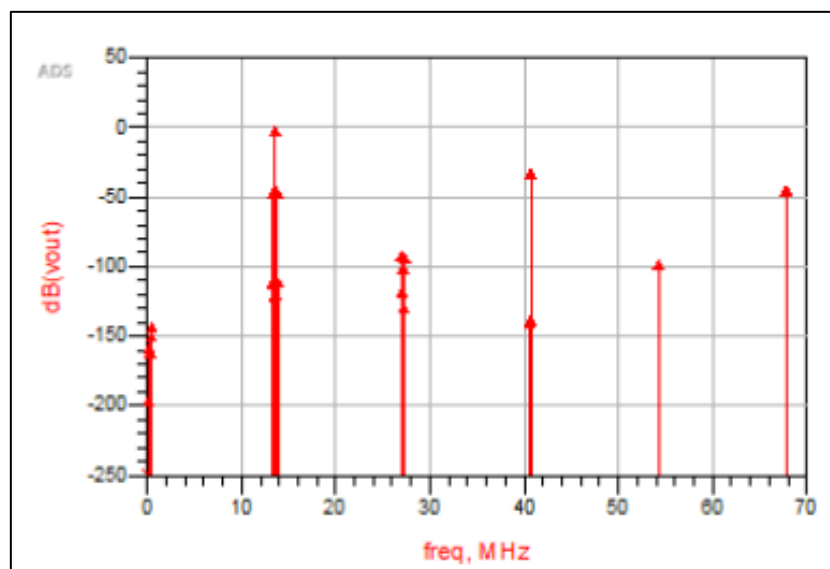


Fig10. Spectrogramme du signal de sortie V_{out}

Le spectrogramme du signal de sortie V_{out} , nous permet de confirmer que la puce RFID est bien alimentée avec signal à 13,56MHz. De plus, malgré le nombre d'harmoniques environnant, nous pouvons les négliger car il y a une différence d'environ 30 dB entre le fondamental à 13,56MHz et la première harmonique.

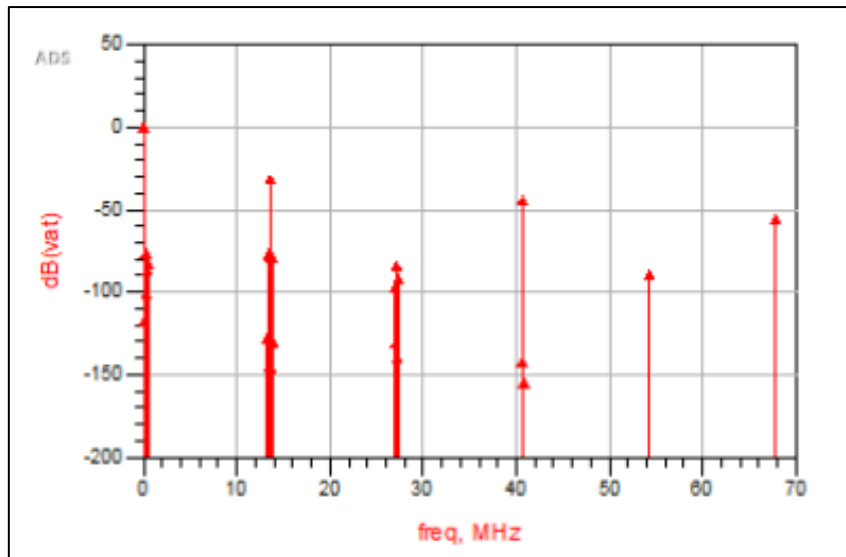


Fig11. Spectrogramme du signal de télé alimentation Vta

Le spectrogramme du signal de télé alimentation nous permet de conclure que le signal Vta peut être considéré comme continu du fait que, premièrement, son fondamental se situe en 0, et de l'importante différence entre le fondamental et la première (et suivantes) harmonique d'environ 30 dB.

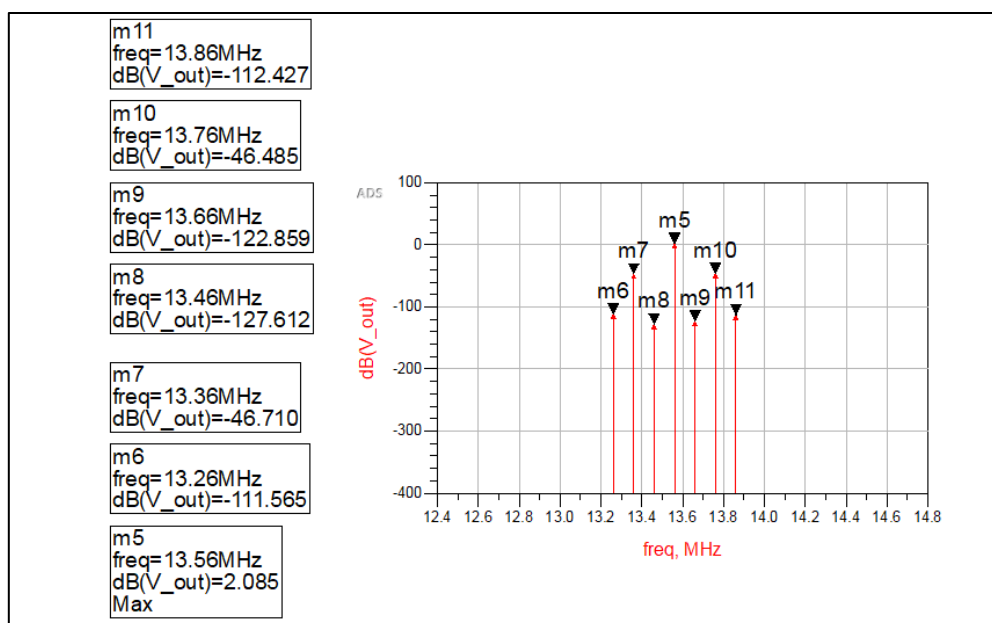


Fig10. Spectrogramme du signal de télé alimentation Vta

Ici, nous sélectionnons uniquement la plage de fréquence aux alentours de la porteuse de 13,56MHz, nous pouvons voir la fréquence de la porteuse au centre, entourée par les fréquences de commutation de 100 kHz.

4. Rétro modulation ASK

Dans cette partie, l'objectif est de moduler en ASK un signal contenant une séquence binaire.

Pour cela, nous utilisons cette séquence binaire :

« 1111001011101010010100000110111110011000101010010101100100001101110011000010111
1 »

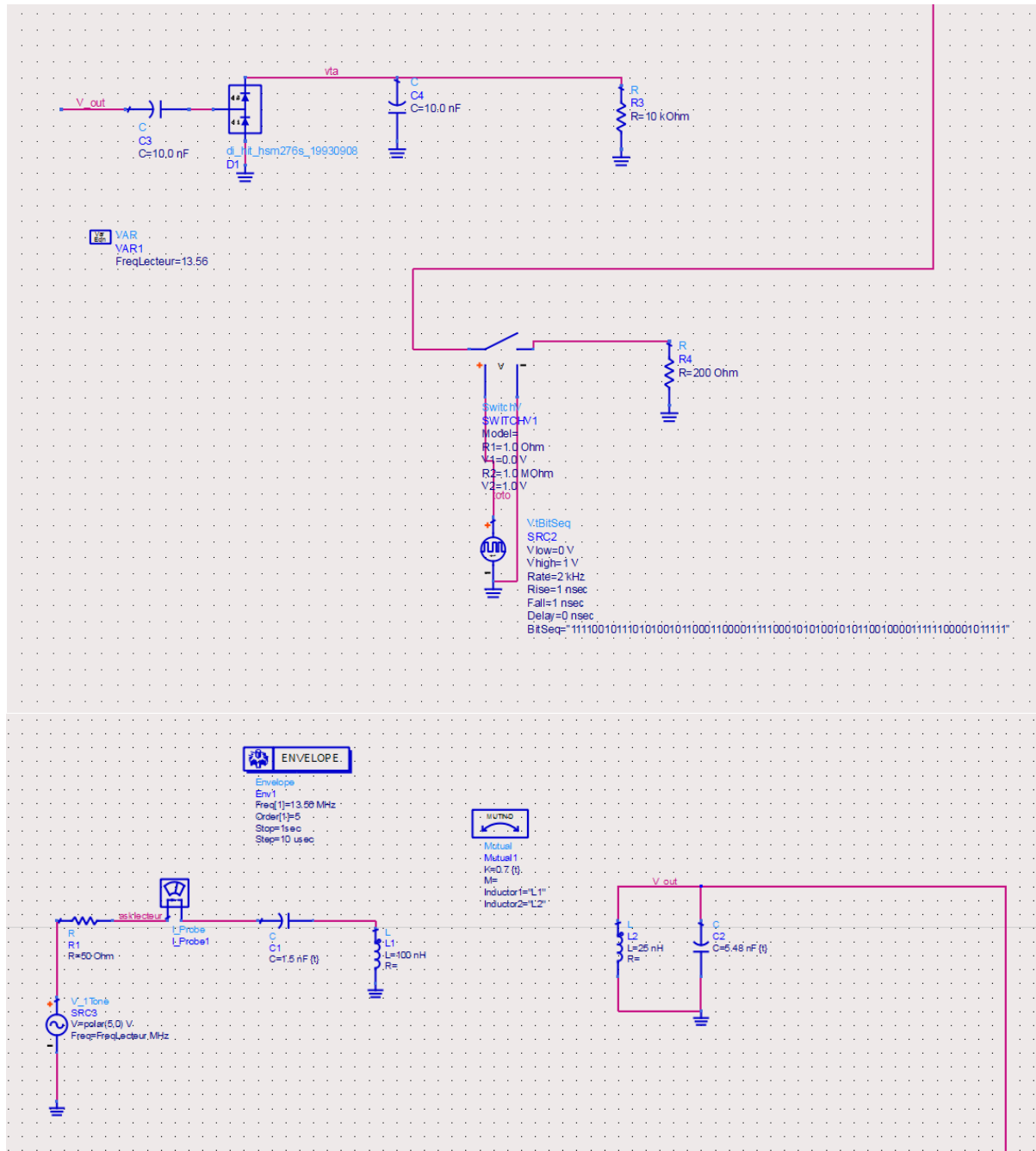


Fig11. Schéma complet du circuit de rétromodulation

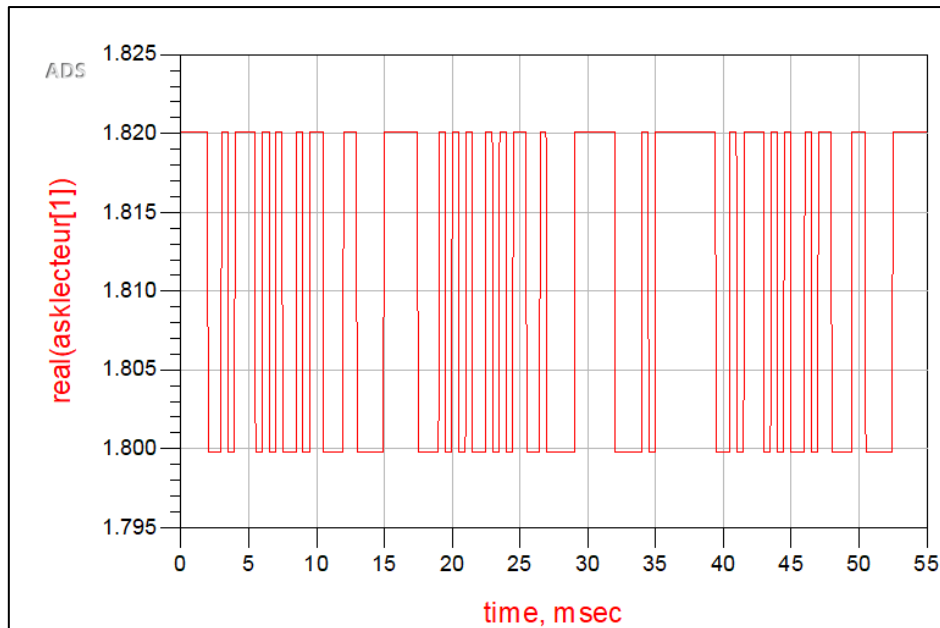


Fig11. Chronogrammes du signal asklecteur

Premièrement, sur le chronogramme du signal asklecteur, nous pouvons retrouver la séquence binaire émise. Voici l'illustration sur la figure en dessous.

Rappel du début de la séquence : « 1111001011101010010100... »

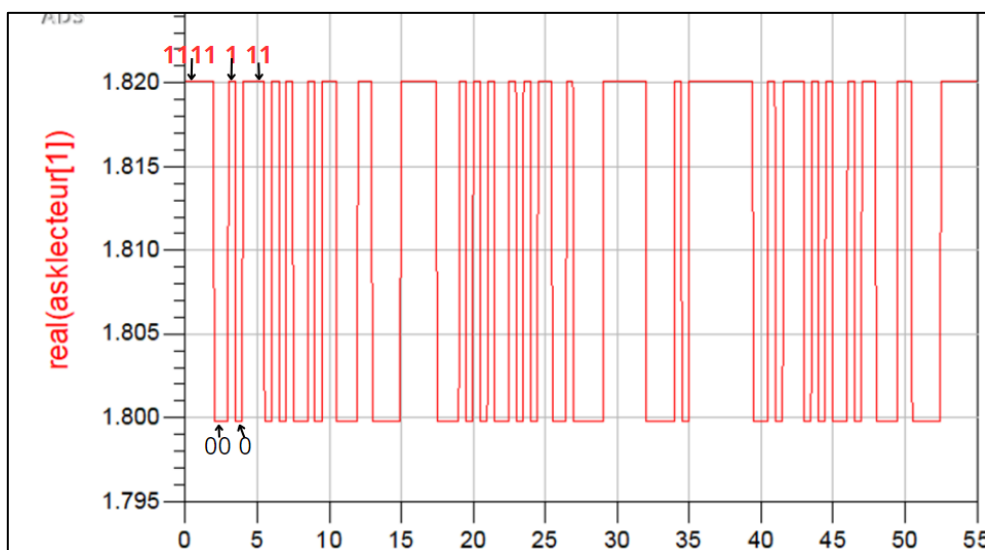


Fig12. Chronogrammes du signal asklecteur expliqué

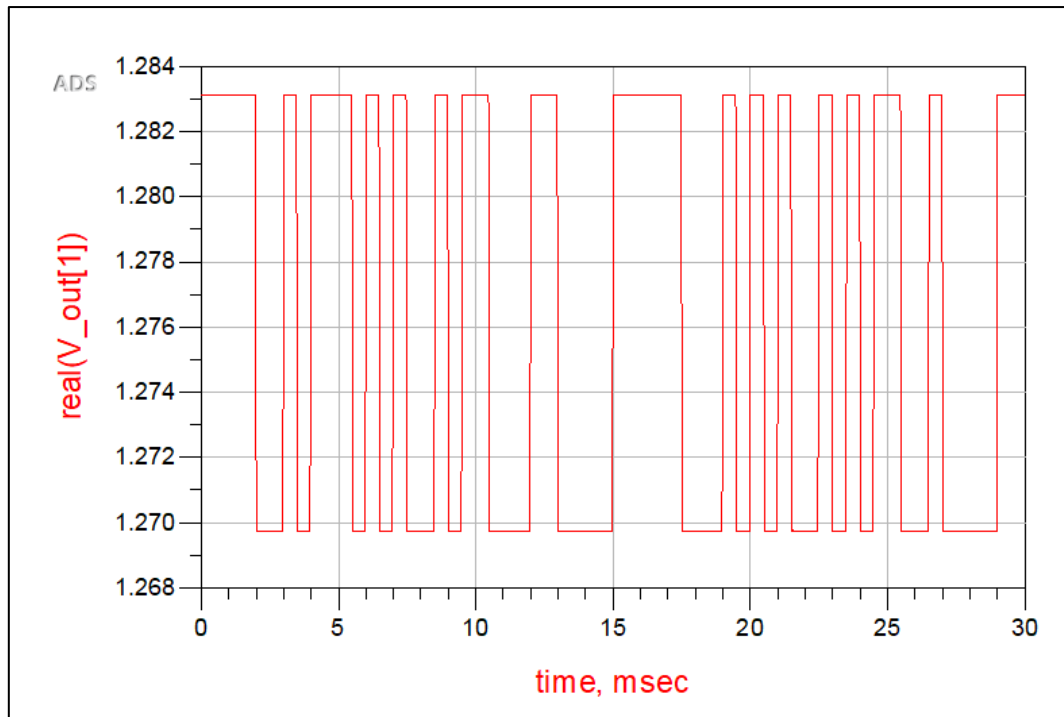


Fig13. Chronogrammes du signal de sortie

En ce qui concerne le signal de sortie, il recopie le signal reçu (asklecteur) avec une atténuation.

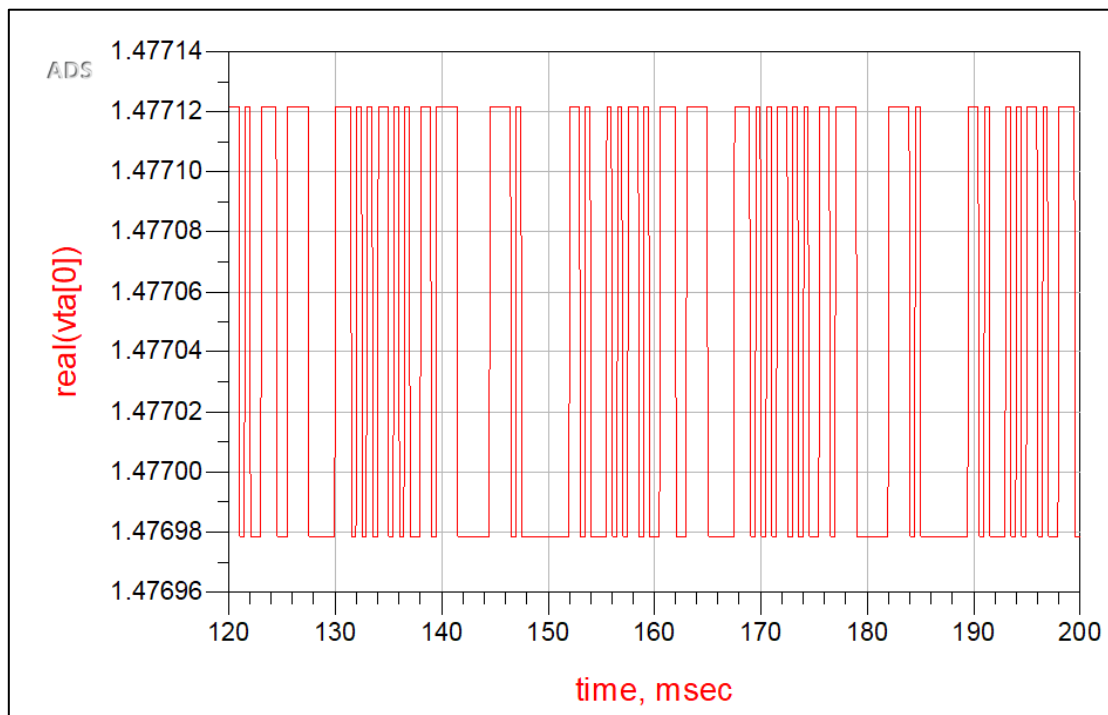
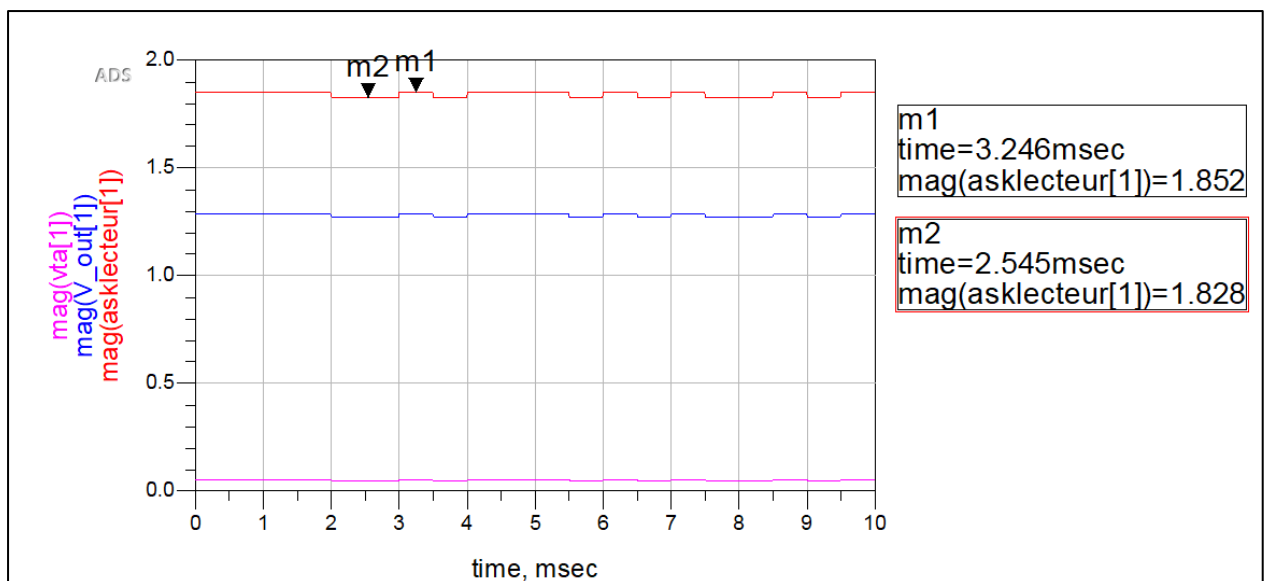
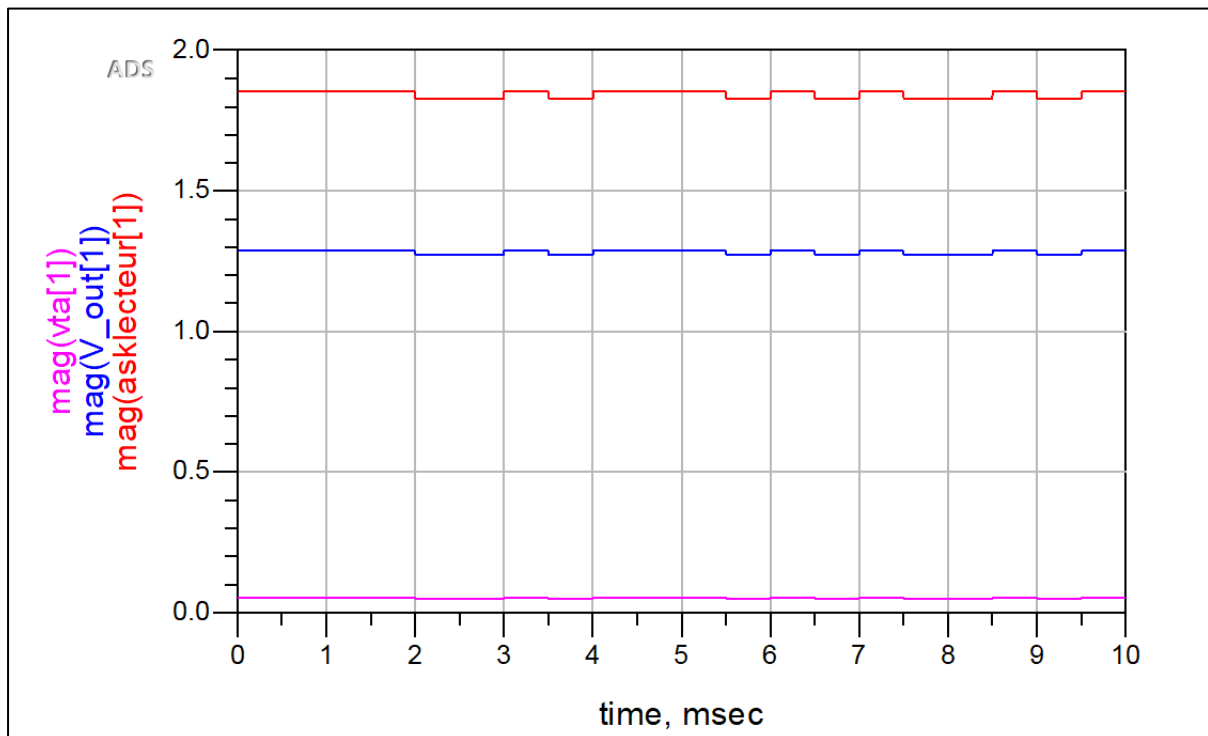


Fig14. Chronogrammes du signal de télé alimentation

Effet de la communication de charge :



$$\text{Taux de modulation} = m = \frac{V_{min} - V_{max}}{V_{min} + V_{max}} = -0.0065 = -0.65\%$$