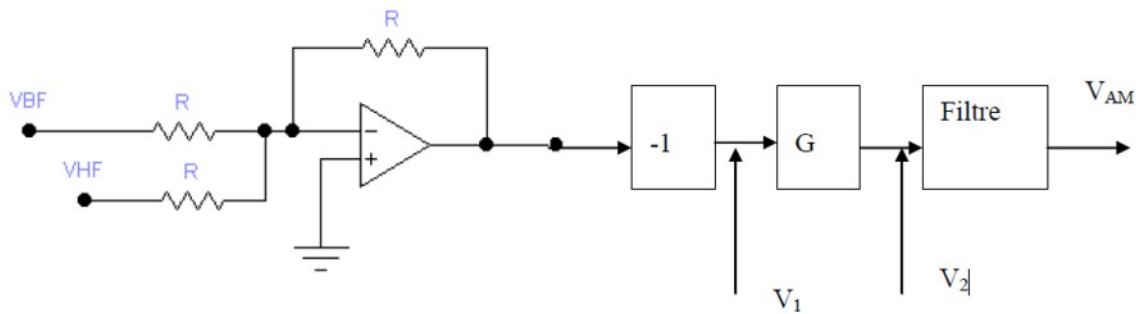


## Travail théorique :



### 1- l'expression de V1 :

Ce AOP est un amplificateur sommateur de tension

$$V_1 = A_e \cos \omega_e t + A_p \cos \omega_p t$$

### 2- l'expression de V2 :

$$V_2 = a_1 V_1 + a_2 V_1^2$$

$$\begin{aligned} V_2 &= a_1 [A_e \cos(\omega_e t) + A_p \cos(\omega_p t)] + a_2 (A_e \cos(\omega_e t) + A_p \cos(\omega_p t))^2 \\ &= a_1 [A_e \cos(\omega_e t) + A_p \cos(\omega_p t)] + a_2 [A_e^2 \cos^2(\omega_e t) + A_p^2 \cos^2(\omega_p t) + 2A_e A_p \cos(\omega_p t) \cos(\omega_e t)] \\ &= a_2 \left[ \frac{A_e^2}{2} (1 + \cos(2\omega_e t)) + \frac{A_p^2}{2} (1 + \cos(2\omega_p t)) + A_e A_p (\cos((\omega_p + \omega_e)t) + \cos((\omega_p - \omega_e)t)) \right] \\ &\quad + a_1 [A_e \cos(\omega_e t) + A_p \cos(\omega_p t)] \\ V_2 &= \frac{a_2 A_e^2}{2} + \frac{a_2 A_p^2}{2} + a_1 A_e \cos(\omega_e t) + \frac{a_2 A_e^2}{2} \cos(2\omega_e t) + a_1 A_p \cos(\omega_p t) + a_2 A_e A_p (\cos((\omega_p + \omega_e)t) + \cos((\omega_p - \omega_e)t)) + \frac{a_2 A_p^2}{2} \cos(2\omega_p t) \end{aligned}$$

**3-** La nature du filtre de sortie pour obtenir une modulation d'amplitude est de filtre passe bande.

**4-** Les conditions pour que le filtre bien filtrer le signal AM est :

- La fréquence de la porteuse presque égale à la fréquence résonance

$$f_p \approx f_r$$

- -Et la BP de signal AM doivent être inclus dans  $[f_{c1} - f_{c2}]$  de notre filtre de sortie

5- Si on annule le niveau de tension BF :

$$\text{si } V_{BF} = 0, V_1 = A_p \cos \omega_p t$$

$$V_2 = a_1 A_p \cos \omega_p t + a_2 A_p^2 \cos^2(\omega_p t)$$

$$V_2 = a_1 A_p \cos \omega_p t + \frac{a_2 A_p^2}{2} (1 + \cos(2\omega_p t))$$

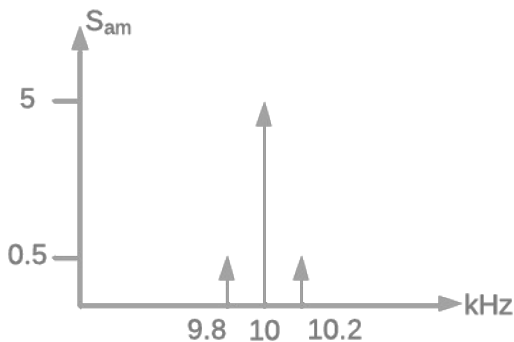
6- le signal Vs défini par l'expression :

$$V_{AM} = (5 + \cos(400\pi t)) \cos(20000\pi t)$$

6.1.  $m = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}} =$

6.2. la composition spectrale :

$$V_{AM} = (5 + \cos(400\pi t)) \cos(20000\pi t) = 5 \cos(20000\pi t) + \frac{1}{2} \cos(19600\pi t) + \frac{1}{2} \cos(20400\pi t)$$



La largeur de bande de signal AM :

$$BP_{AM} = (f_p + f_e) - (f_p - f_e) = 2f_e =$$

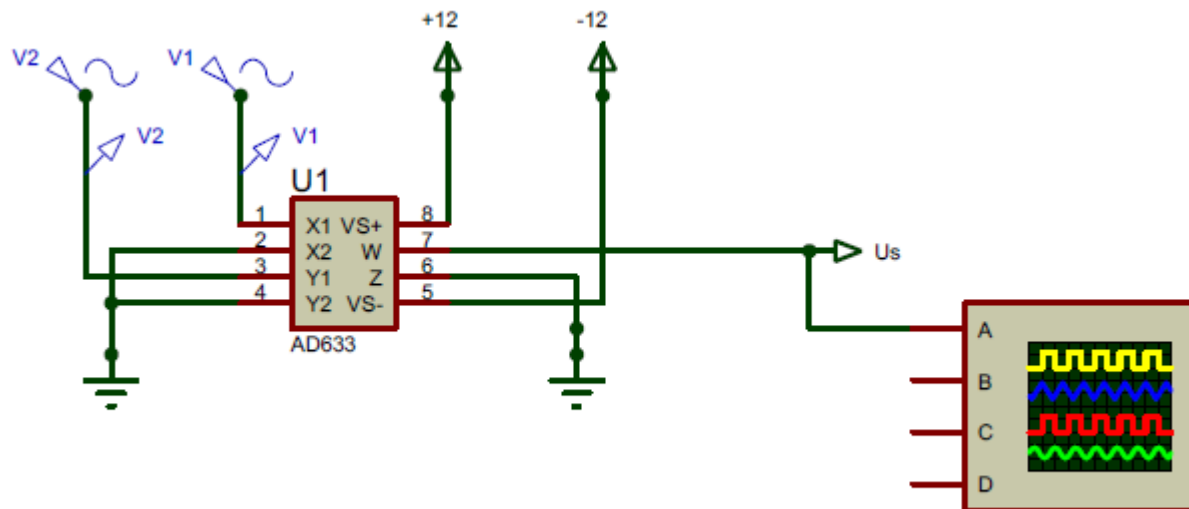
6.3. la puissance dissipée de ce signal

$$P_{AM} = \frac{A_p^2}{2R} \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) =$$

7- Si on annule la tension basse fréquence le signal AM devient identique au signal porteur d'information

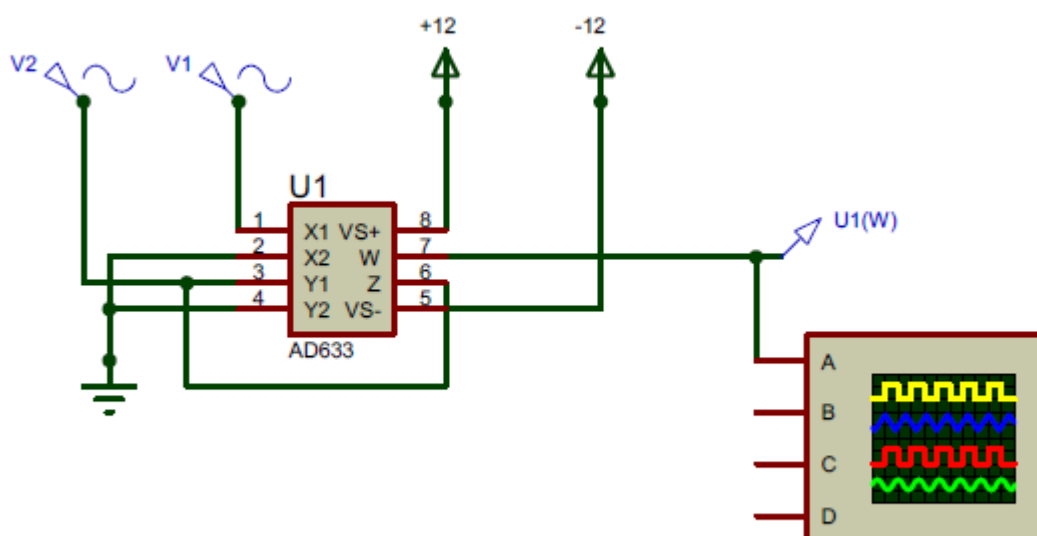
## Préparation avec proteus :

### A. Principe de fonctionnement d'un multiplieur :

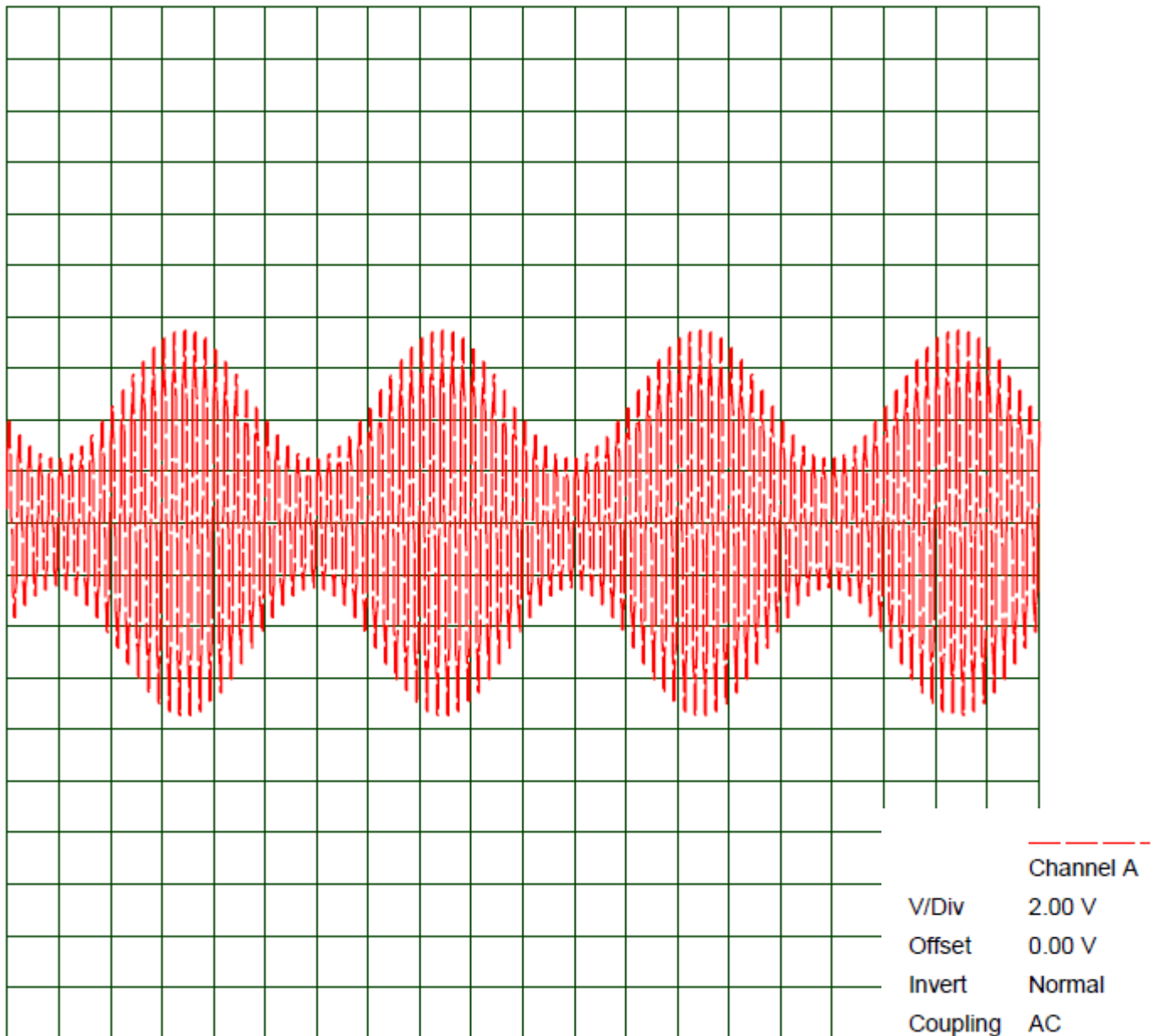


V1(en volt)	V2(en volt)	Us (en volt)
2	4	0.78
4	6	
2	6	

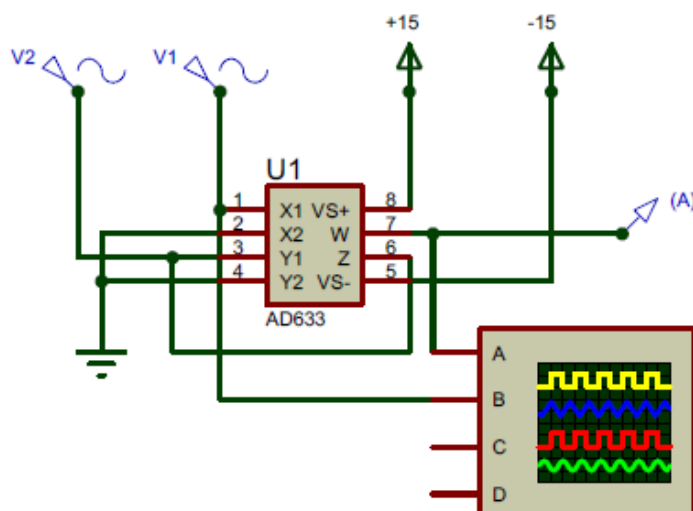
2- injectant aux bornes x1 et y1 deux sinusoïdaux dont le premier représente un signal BF plus une composante continue tandis que le deuxième un signal HF et en reliant la borne 6 à la borne 3 :



Le signal à la sortie :

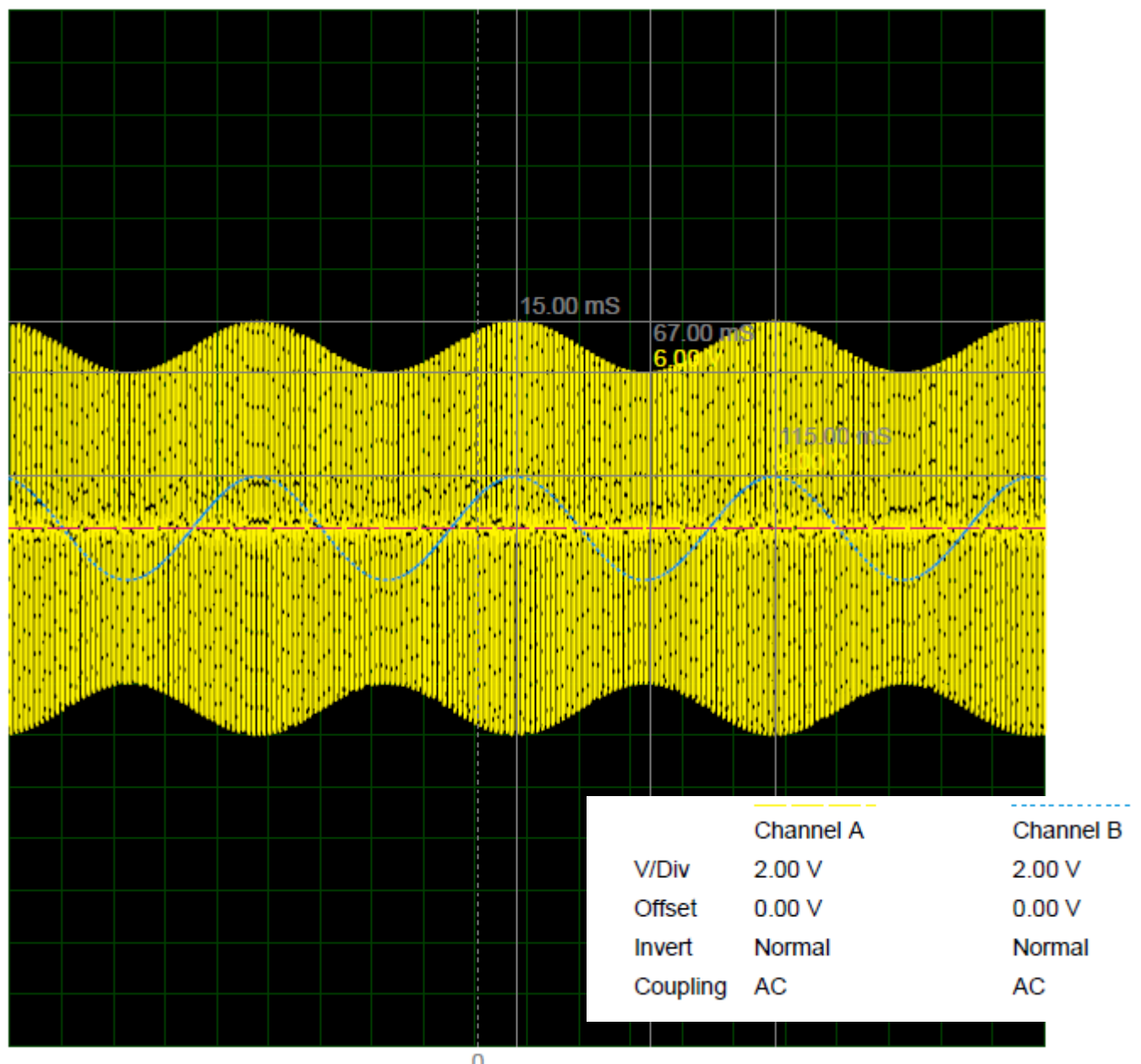


## B. Réalisation du montage de modulation :

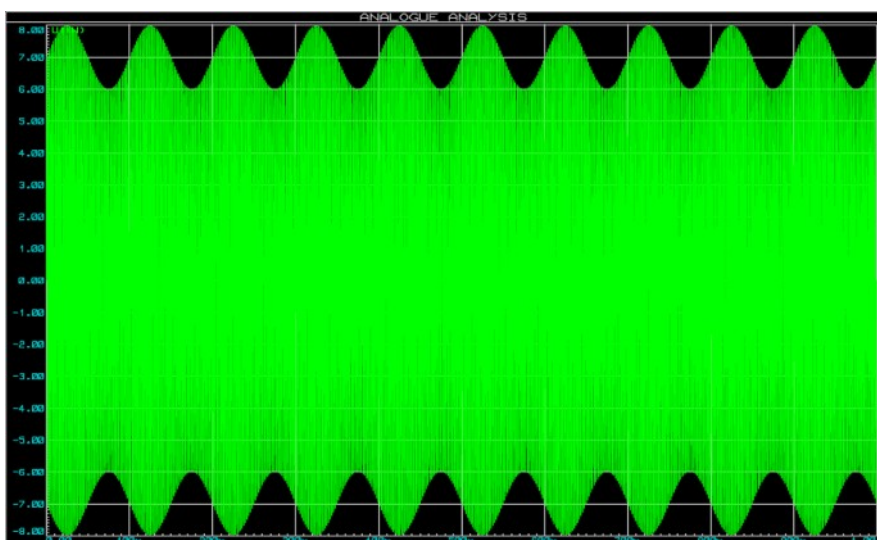


La simulation n'a pas démarré sur 500 kHz et 10kHz donc on l'a changé

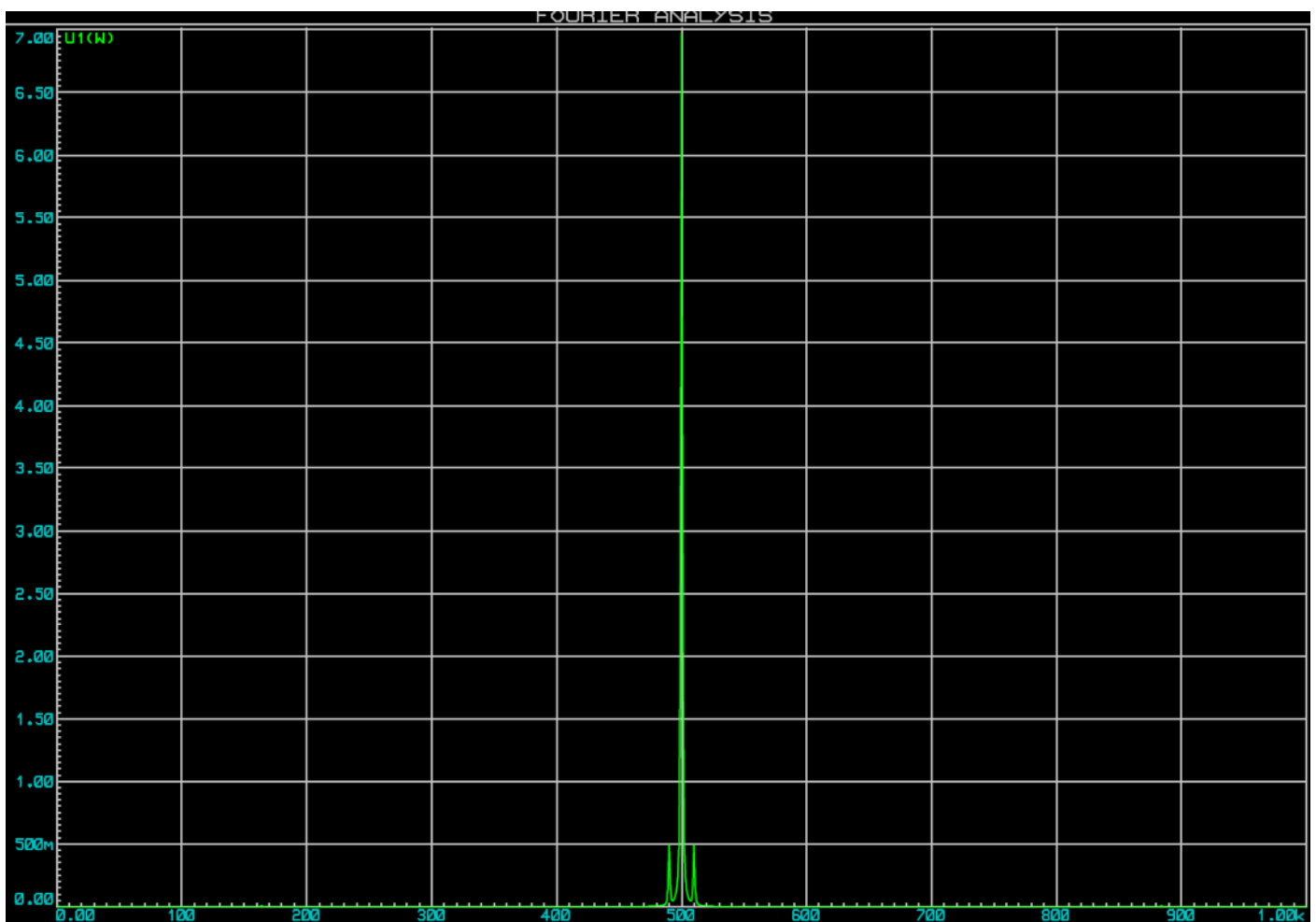
$$f_p = 500\text{Hz}, f_c = 10\text{Hz}$$



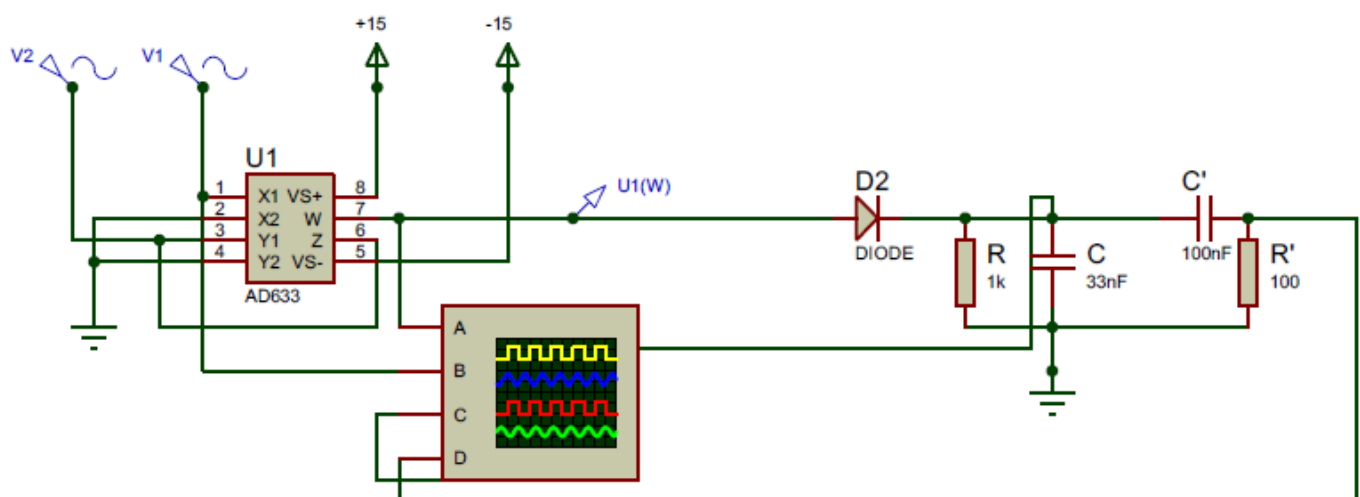
$$U_{max} = 8V, U_{min} = 6V$$



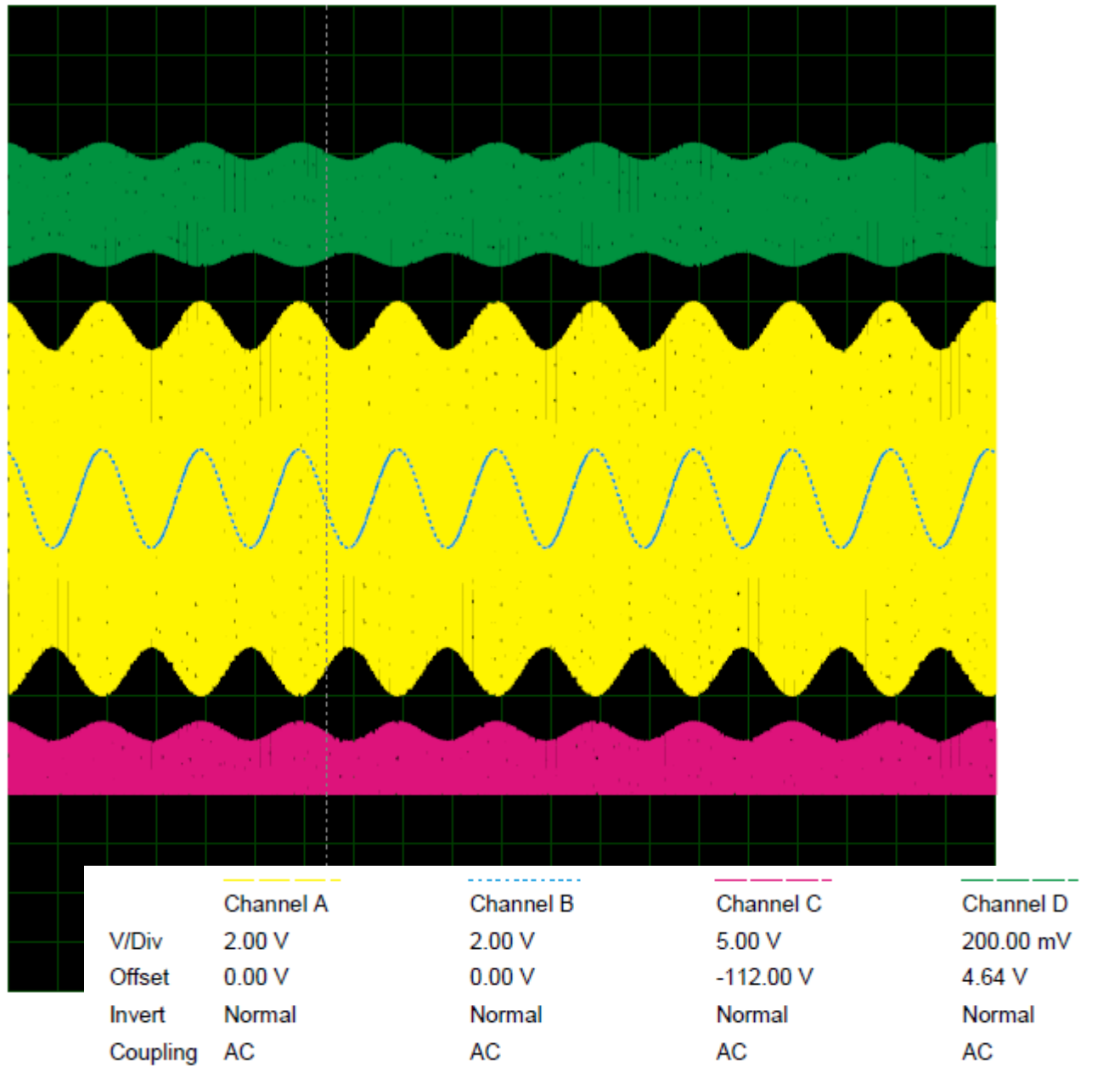
Le spectre :



### C. Étude expérimentale de la démodulation :



Le signal :



## Manipulation :

### A. Principe de fonctionnement d'un multiplieur :

V1(en volt)	V2(en volt)	Us (en volt)
2	4	0.85
4	6	
2	6	

$$1. U_s = K \times V_1 \times V_2 \rightarrow K = \frac{U_s}{V_1 \times V_2}$$

*pour*  $U_s = 0.85V$  ;  $K_1 =$

*pour*  $U_s =$  ;  $K_2 =$

*pour*  $U_s =$  ;  $K_3 =$

La valeur du facteur K est :  $K = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3}$

$K =$

2. En injectant deux signaux sinusoïdaux aux bornes x1 et y1, où le premier signal représente un signal basse fréquence (BF) avec une composante continue et le deuxième signal représente un signal haute fréquence (HF), puis en reliant la borne 6 à la borne 3, on obtient un signal modulé en amplitude dont l'expression correspond au modèle théorique.

### B. Étude expérimentale de la modulation :

Le circuit AD633 est accompagné de soustracteurs d'entrée, d'un sommateur pour ajouter Z et d'un suiveur de sortie pour l'adaptation d'impédance. Le facteur K évite la saturation grâce à une diode Zener.

#### B.1 Réalisation du montage de modulation :

4. À partir du signal affiché sur l'oscilloscope, il est possible d'observer que l'amplitude du signal modulé est supérieure à celle du signal modulant, et que l'enveloppe du signal modulé suit la forme du signal modulant, Cela est caractéristique de la modulation d'amplitude, et les mêmes effets peuvent être observés sur le graphique.



## B.2 Étude du taux de modulation et du phénomène de surmodulation :

### B.2.1 Détermination graphique :

#### 1. Les Valeurs :

$$U_{max} = V \quad ; \quad U_{min} = V$$

#### 2. Taux de modulation :

$$\text{Valeur numérique : } m = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{max} + U_{min}} =$$

$$m = \frac{A_c}{A_p} =$$

#### 3. Le mode de modulation utilisé sur l'oscilloscope pour mesurer l'indice de modulation est le mode XY

#### 4. Mode FFT : observation du spectre :

Pour visualiser le spectre du signal modulé, on peut utiliser la fonction analyseur de spectre de l'oscilloscope numérique en mode FFT. Pour cela, il suffit d'appuyer sur la touche "Math" et de sélectionner le mode "FFT". Le spectre du signal modulé s'affiche alors à l'écran. On peut observer le spectre de la porteuse clairement à une fréquence de 500 kHz, mais il est possible que les bandes latérales ne soient pas visibles en raison de leur amplitude plus faible.

#### 5. Augmentation de l'amplitude du signal modulant : observation du spectre et de la forme temporelle :

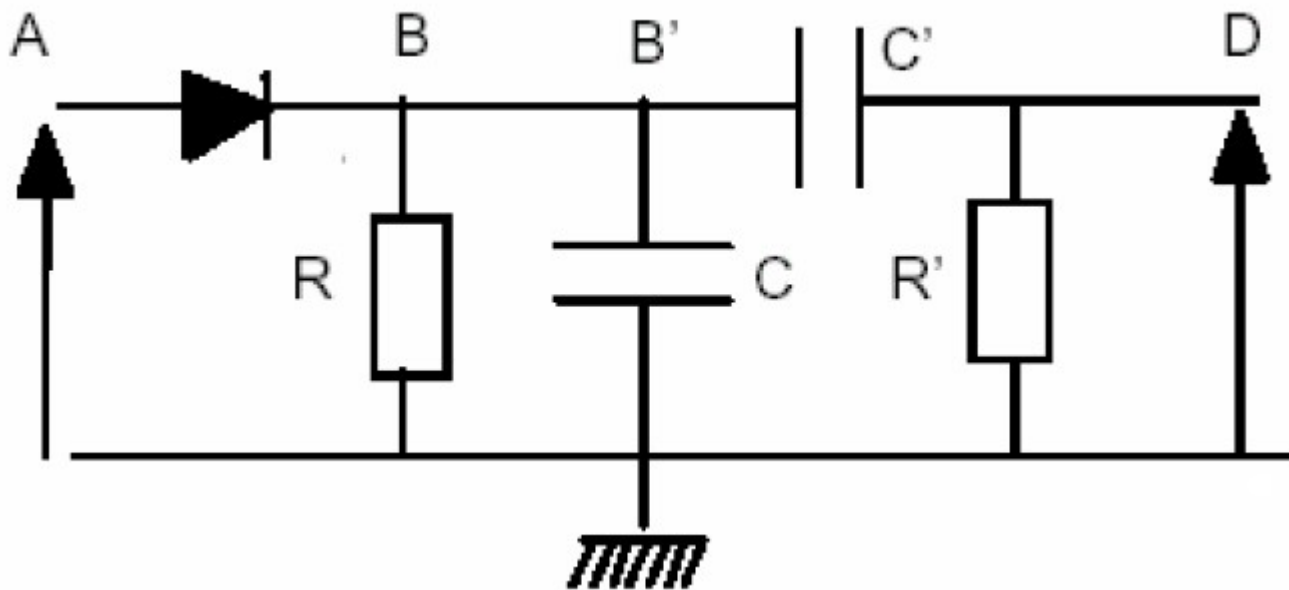
Lorsque nous augmentons l'amplitude du signal de modulant, l'amplitude du signal modulé augmente également. Cela entraîne une augmentation de l'indice de modulation, de sorte que l'amplitude des bandes latérales augmente également. Lorsque l'indice de modulation atteint une valeur de 1, les bandes latérales deviennent aussi grandes que la moitié du signal de porteuse. Et peuvent être facilement observées dans le spectre FFT du signal modulé. À ce stade, la modulation est considérée comme étant pleinement saturée, cas de la surmodulation.

#### 6. Modulation d'amplitude d'un signal carré : forme et spectre :

Lorsque l'on remplace le signal informatif sinusoïdal par un signal informatif carré avec les mêmes fréquences BF et HF que précédemment, le processus de modulation d'amplitude reste le même. Cependant, le signal carré modulé contient des harmoniques de fréquence qui correspondent aux fréquences BF et HF. Le spectre du signal carré modulé présente également des harmoniques multiples de la fréquence porteuse.

En conclusion, la modulation d'amplitude d'un signal carré peut être réalisée, mais cela peut poser des défis supplémentaires par rapport à la modulation d'un signal sinusoïdal.

### C. Étude expérimentale de la démodulation :



#### 1. Observation des signaux au point A après débranchement du fil BB' : résultats et conclusion :

Nous obtenons un signal AM composé de deux enveloppes (inférieure et supérieure) qui ressemblent à la forme de deux signaux BF, avec notre signal HF contenu à l'intérieur la suppression de la partie négative de notre signal AM en effet de redressement mono alternance provoquer par le passage de signal par la diode D1.

#### 2. Observation du signal au point B' : rôle du filtre :

L'effet de la charge et de la décharge du condensateur change le signal à mono-alternance car il agit comme un filtre passe-bas. Ce processus permet aux composantes de basse fréquence du signal de passer à travers tout en atténuant les composantes de haute fréquence. En conséquence, le signal au point B' est une version filtrée du signal d'origine, avec la plupart du bruit de haute fréquence supprimé.

#### 3. Analyse du signal détecté au point D : Conclusions

Au point D on obtient un signal démodulé qui ressemblé à la forme de notre signal information qui est dû au passage de notre signal dans notre filtre passe bas RC (il a éliminé le signal HF), le passage de ce signal de le condensateur C' produit le signal finale (il a éliminé la composante continue de l'enveloppe qui est l'amplitude de signal HF).

#### Conclusion :

La démodulation produit un signal ressemble au signal d'information d'origine grâce à l'utilisation d'un filtre passe-bas RC et un condensateur. Cependant, il peut y avoir des différences d'amplitude dans la partie positive du signal et aucune

information dans la partie négative en raison des valeurs de la capacité du condensateur et le choix de la diode utilisée.

#### **4. Comparaison du signal modulant et du signal détecté au point D : Analyse de la démodulation :**

La démodulation n'est pas satisfaisant car le signal obtenu au point D est déformé en amplitude dans l'alternance positive et présente une forte présence de bruit et aucune information n'est présente dans la partie négative du signal.

Pour atténuer cet effet, l'utilisation d'une diode de commutation D2 et un filtre de  $1/f_p < RC < 1/f_c$  est recommandée, Lors de la comparaison du signal modulant et du signal détecté sur l'oscilloscope, on observe cette distorsion qui affecte significativement la qualité de la démodulation.

Si nous utilisons une diode D2 avec un signal d'information de fréquence 100 Hz et une fréquence porteuse de 500 kHz, nous pouvons observer que le signal démodulé est presque identique au signal d'information dans les deux alternances positive et négative. Cela est dû au fait que la diode D2 agit comme un interrupteur, permettant au signal de passer dans une seule direction, en éliminant efficacement la partie non désirée du signal AM. L'utilisation d'un filtre avec une fréquence de coupure entre 100 Hz et 500 kHz peut améliorer davantage la qualité du signal démodulé en éliminant tout bruit haute fréquence restant.

#### **Conclusion :**

AM est une technique de modulation où l'amplitude d'une onde porteuse est modifiée pour transmettre des informations.

L'AD633 un circuit intègre de modulation est utilisé avec des soustracteurs d'entrée, un amplificateur sommateur et un tampon de sortie.

Le processus de modulation implique l'injection de deux signaux sinusoïdaux dans le circuit, où le premier signal représente un signal de basse fréquence et le second signal représente un signal de haute fréquence. La sortie est un signal modulé en amplitude dont l'enveloppe suit la forme du signal de modulation, Le processus de modulation peut être effectué avec des signaux sinusoïdaux et carrés.

Le processus de démodulation consiste à éliminer le signal modulé de l'onde porteuse, ce qui est réalisé par un circuit simple comprenant une diode, une résistance et un condensateur. La sortie de ce circuit est le signal de modulation d'origine avec une modification.



