

République Algérienne démocratique et Populaire

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université des Sciences et de la Technologies d'Oran « Mohamed Boudiaf »



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE

Département d'Automatique

COMPTE RENDU TP/MONTAGE A OMPLIFICATEUR OPERATIONNEL.

Réalisé par :

- RAHMOUN LOKMANE NOUR EL ISLEM.
- REZGANI RACHID.

Année universitaire 2019/2020

1- Introduction :

Un amplificateur opérationnel (aussi dénommé **ampli op**, **AO**, **AOP**, **ALI** ou **AIL**) est un amplificateur différentiel : c'est un amplificateur électronique qui amplifie une différence de potentiel électrique présente à ses entrées. Il a été initialement conçu pour effectuer des opérations mathématiques dans les calculateurs analogiques : il permettait de modéliser les opérations mathématiques de base (addition, soustraction, intégration, dérivation, ...). Par la suite, l'amplificateur opérationnel est utilisé dans bien d'autres applications comme la commande de moteurs, la régulation de tension, les sources de courants, les oscillateurs, ...

Le gain en tension très important d'un amplificateur opérationnel fait de lui un composant utilisé dans une grande variété d'applications (voir aussi le cours : [AOP - Montages de base de l'amplificateur opérationnel](#)). Certains amplificateurs opérationnels, de par leurs caractéristiques (temps de montée, faible distorsion harmonique, etc...), sont spécialisés dans l'amplification de certains types de signaux comme les signaux audio ou vidéo.

Physiquement, un amplificateur opérationnel est constitué de transistors, de tubes électroniques ou de n'importe quels autres composants amplificateurs; on le trouve communément sous la forme de circuit intégré.

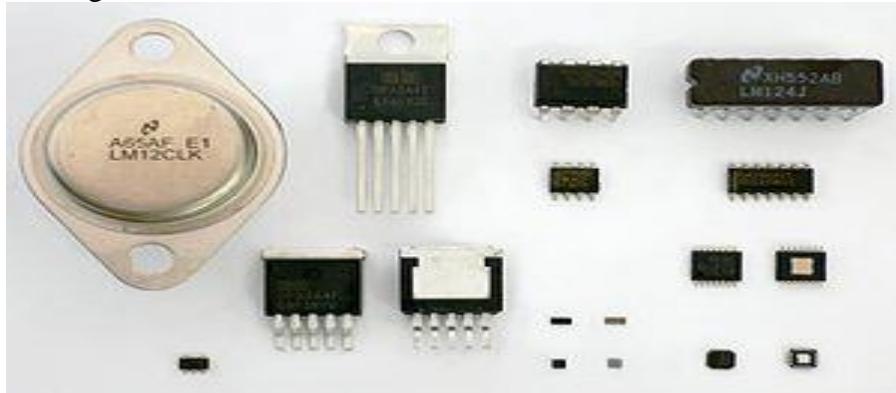
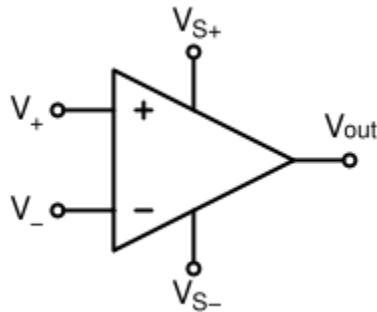


Figure1 : Différents modèles d'amplificateurs opérationnels.

Dans ce TP on a pour but d'observer le comportement d'amplificateur opérationnel par le biais de ses montages fondamentaux. Donc de découvrir les fonctions qu'il peut réaliser.

2-Brochages :



Un AOP dispose au minimum de deux entrées, de deux broches d'alimentation et d'une sortie. L'entrée notée V₊ est dite non-inverseuse tandis que l'entrée V₋ est dite inverseuse en raison de leur rôle dans les relations entrée/sortie de l'amplificateur. La différence de potentiel entre ces deux entrées est appelée **tension différentielle d'entrée**.

La broche d'alimentation positive repérée V_{S+} est parfois aussi appelée V_{DD}, V_{CC}, ou V_{CC+}. La broche d'alimentation négative repérée V_{S-} est parfois aussi appelée V_{SS}, V_{EE}, ou V_{CC-}. Les appellations V_{CC} et V_{EE} sont généralement réservées aux AOP bipolaire tandis que les appellations V_{DD} et V_{SS} sont généralement réservées aux AOP à effet de champ.

Le **C** de V_{CC} signifie que l'alimentation est reliée au collecteur d'un transistor bipolaire tandis que le **E** de V_{EE} signifie que l'alimentation est reliée à l'émetteur d'un transistor bipolaire. Le **D** de V_{DD} fait référence au drain d'un transistor à effet de champ tandis que le **S** de V_{SS} fait référence à la source de ce même transistor.

Remarque :

L'AOP peut aussi être doté de deux broches pour la *compensation d'offset* ainsi que d'une broche pour le réglage de la *compensation fréquentielle*.

3-Présentation :

L'amplificateur opérationnel est un composant en technologie intégrée qui est prêt à être opérationnel, ce composant comporte :

-2 broches d'alimentation Vcc et -Vcc.

-2 entrées dites différentielles : E+ entrée non inverseuse et E- entrée inverseuse.

-Une sortie S.

Le fonctionnement de l'amplificateur opérationnel impose une alimentation symétrique(deux sources de tension +Vcc et -Vcc qu'on ne représente pas sur les schémas).

On appelle tension différentielle (qu'on note ε), la DDP entre l'entrée v^+ et v^-

$$\varepsilon = (v^+) - (v^-).$$

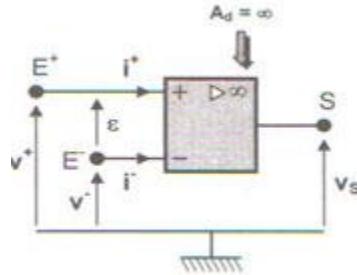


Figure 2 : Symbole de l'amplificateur opérationnel.

La tension de sortie a pour expression : $V_s = A \cdot \varepsilon$ (A : représente l'amplification différentielle).

L'AOP a deux modes de fonctionnement :

Mode linéaire : on a forcément une contre-réaction négative (liaison par composant ou un simple fil entre la sortie S et l'entrée E- de l'Aop), dans ce cas la tension ε

Sera négligée.

Mode non linéaire : il y a pas de contre réaction négative, dans ce cas l'Aop fonctionne en saturation.

La sortie ne peut prendre que deux valeurs : $+V_{sat}$ ou $-V_{sat}$, la tension ε ne peut être négligée.

2-Calcul théorique et Simulation sur proteus :

1-Amplificateur inverseur :

Calcul théorique :

1-le gain théorique en tension :

Les impédances d'entrée étant infinies, il n'y a pas de courant qui rentre dans l'entrée inverseuse (V_-) ; par conséquent, tout le courant i arrivant dans R_1 ira par R_2 vers la sortie de l'AOP.

Le gain A_v est infini ; dans ces conditions, $(V_+ - V_-)$ va tendre vers 0.

De cette dernière constatation, on peut tirer une équation simplissime, mais fondamentale, et toujours vraie en fonctionnement linéaire :

$$V_+ = V_-$$

Comme V_+ est à la masse, V_- se retrouve au même potentiel : comme ce point n'est pas relié physiquement à la masse, on parle de masse virtuelle ; pratiquement, et du point de vue calcul, tout se passe comme si V_- était vraiment relié à la masse.

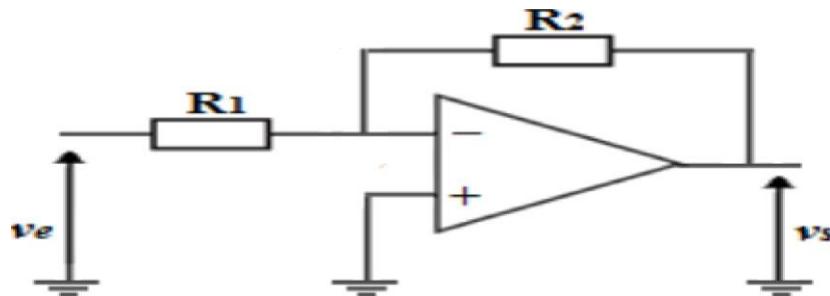
Ces constatations étant faites, le calcul du gain en tension est :

$$V_e = R_1 * i$$

$$V_s = R_2 * i$$

$$A_v = V_s / V_e = -R_2 / R_1$$

2-Calcul de la tension V_e :



$V_+=0$

On a une contre réaction négative (régime linéaire) $\rightarrow \varepsilon=0$: $V_-=V_+$

$V_-=V_+=0$ (V_- : masse virtuelle).

En appliquant le théorème de milleman on a :

$$V_- = \frac{\frac{V_e + V_s}{R_1 + R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

$$V_-=0 \rightarrow \frac{\frac{V_e + V_s}{R_1 + R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = 0 \rightarrow V_e = -\frac{R_1 * V_s}{R_2}$$

3-Calcul d'impédance d'entrée et de sortie :

$Z_e = R_1 + R_e$.

$Z_s = R_2 // R_s$.

Simulation sur proteus :

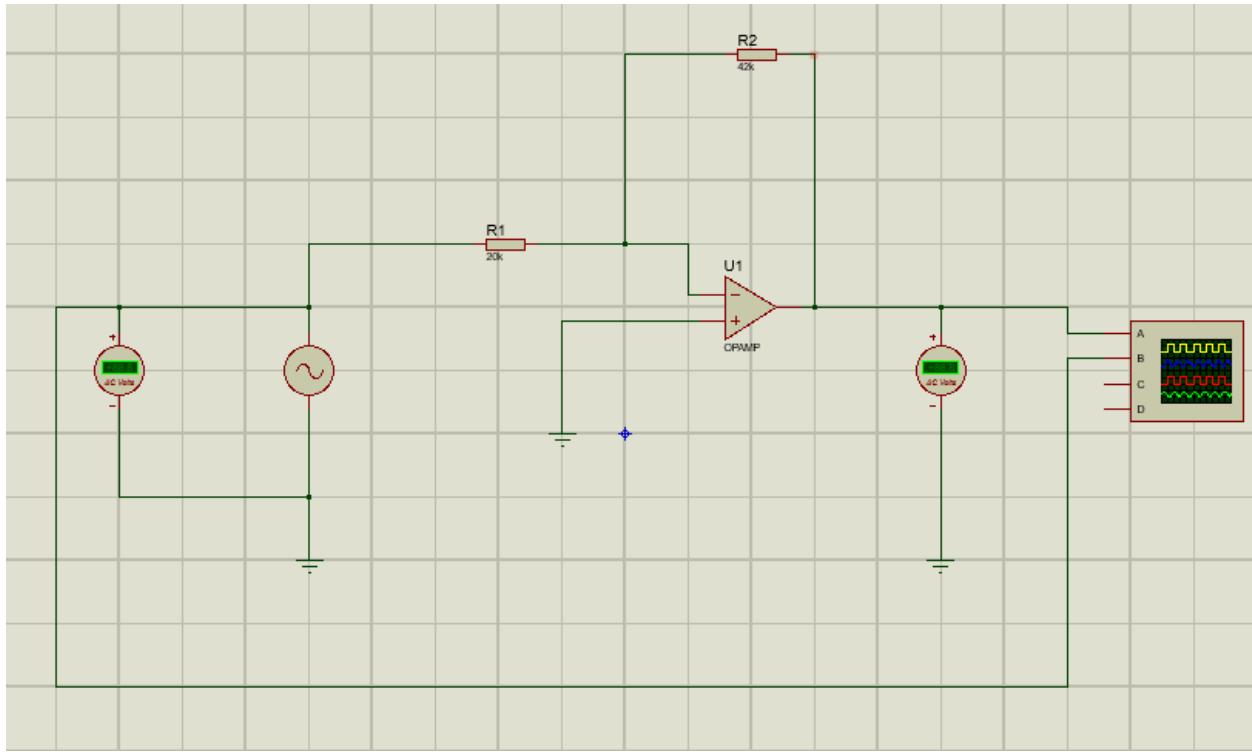


Figure 3 : Montage amplificateur inverseur.

Les paramètres utilisé dans ce montage sont :

$R1 = 20000$ ohm.

$R2 = 42000$ ohm.

$V = 100$ mv.

$F = 1\text{khz}$.

En lançons la simulation on va obtenir les deux courbes de tension suivante avec la courbe jaune c'est la tension de sortie et la courbe bleu c'est la tension d'entrée.

On a :

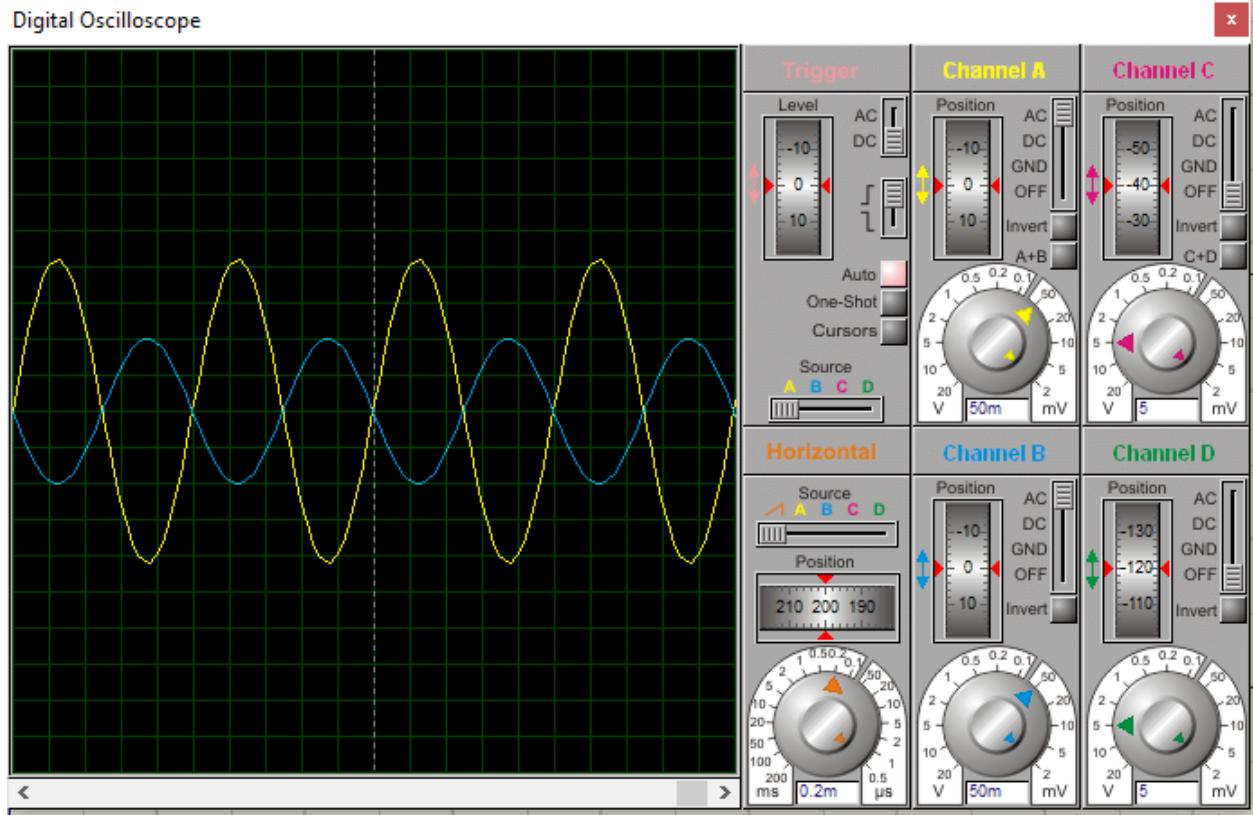


Figure 4 : Tension d'entrée et de sortie sur oscilloscope.

On peut bien remarquer que le signal de sortie est amplifié et inversé par rapport au signal d'entrée.

a-L'amplitude du signal de sortie est :

$$Vs=0.15*\sqrt{2}=0.212v.$$

b – L'amplification du montage :

$$A = Vs/Ve$$

$$=0.212/(0.07*\sqrt{2})=2.14$$

C – On va augmenter l'amplitude de Ve jusqu'à que le signal soit déformé on remarque bien que à partir de $Ve = 10v$ le signal est déformé.

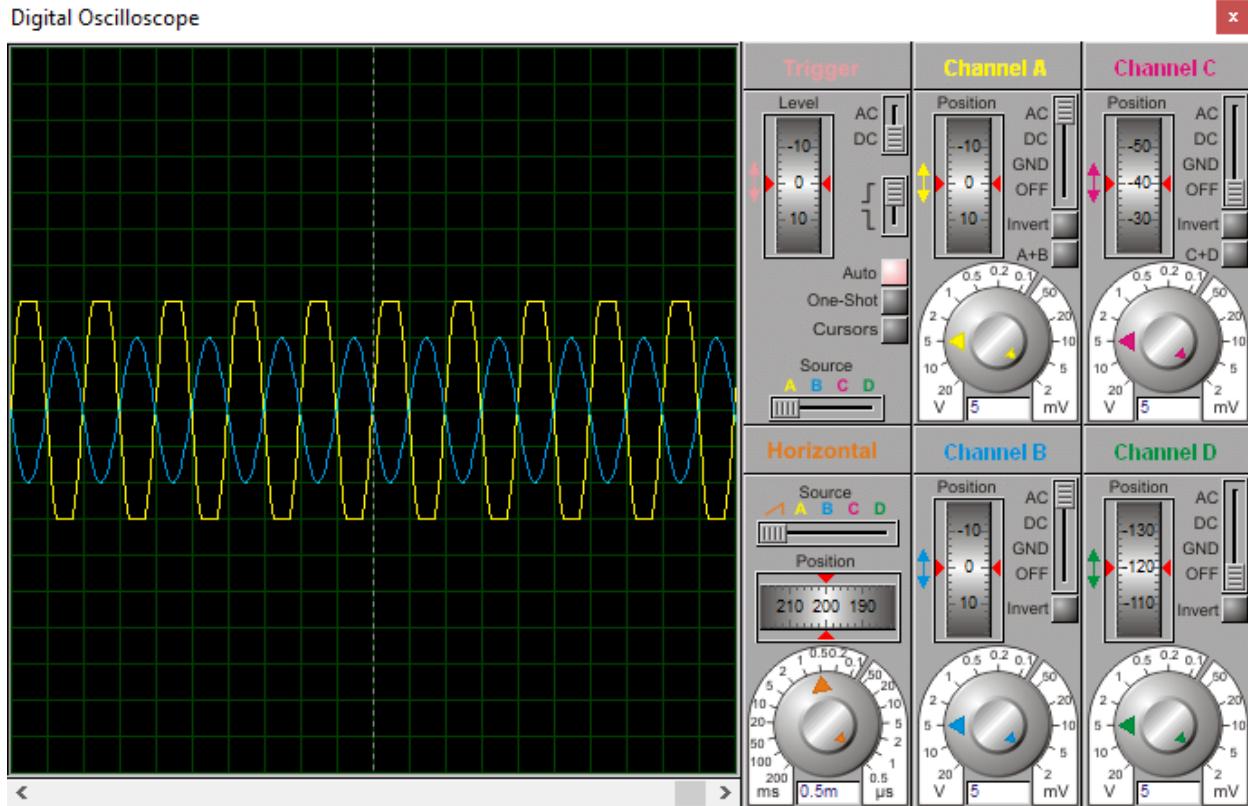


Figure 5 : Signal d'entrée et le signal de sortie déformée.

On observe que à partir de $V_e = 10$ v le signal de sortie est déformé par ce que il n'a pas conservé la forme sinusoïdal d'entrée donc on constate que avec ce montage d'amplification la tension à amplifier il faut quel soit strictement inférieur à 10v. Donc ce montage ne supporte pas plus de 10 v.

d-Mesure d'impédance :

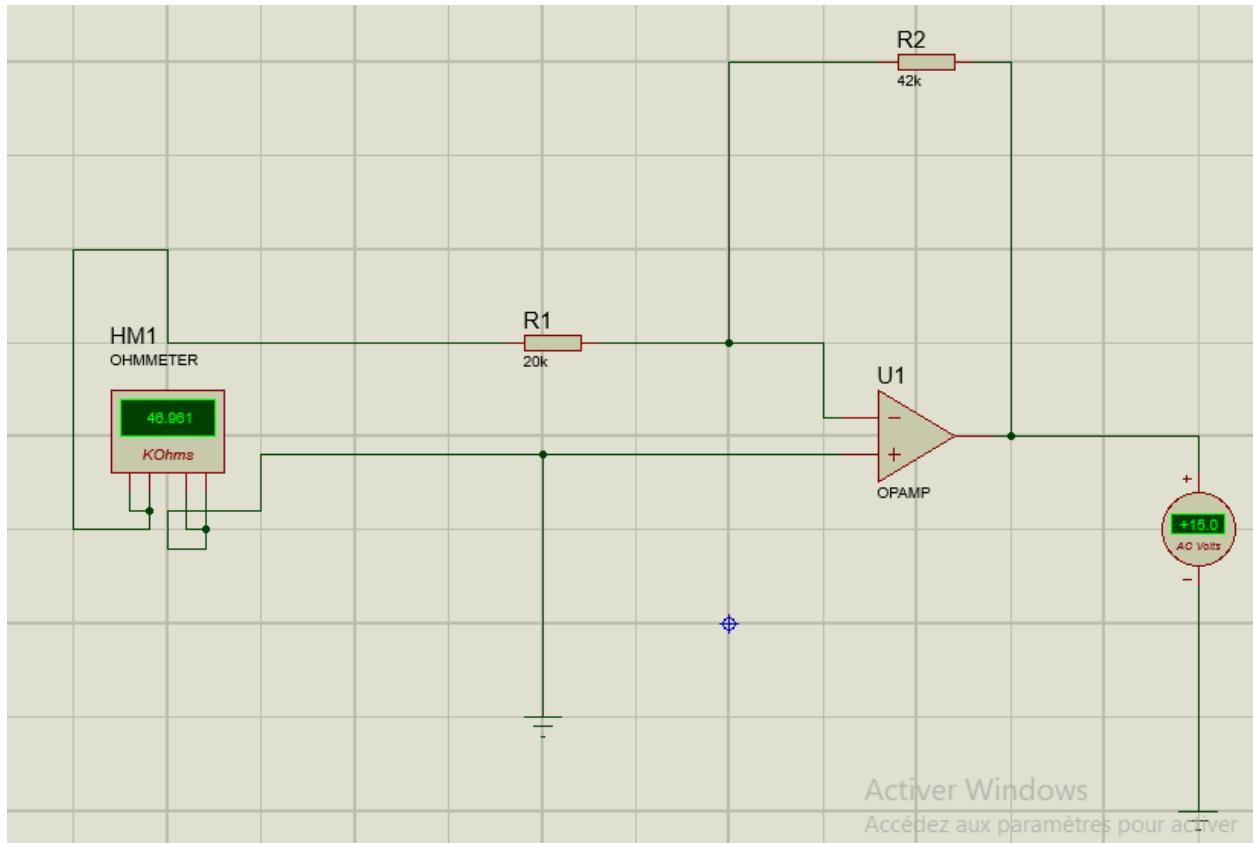


Figure 6 : Mesure d'impédance d'entrée.

$Z_e = 46.961 \text{ ohm.}$

Et de sortie :

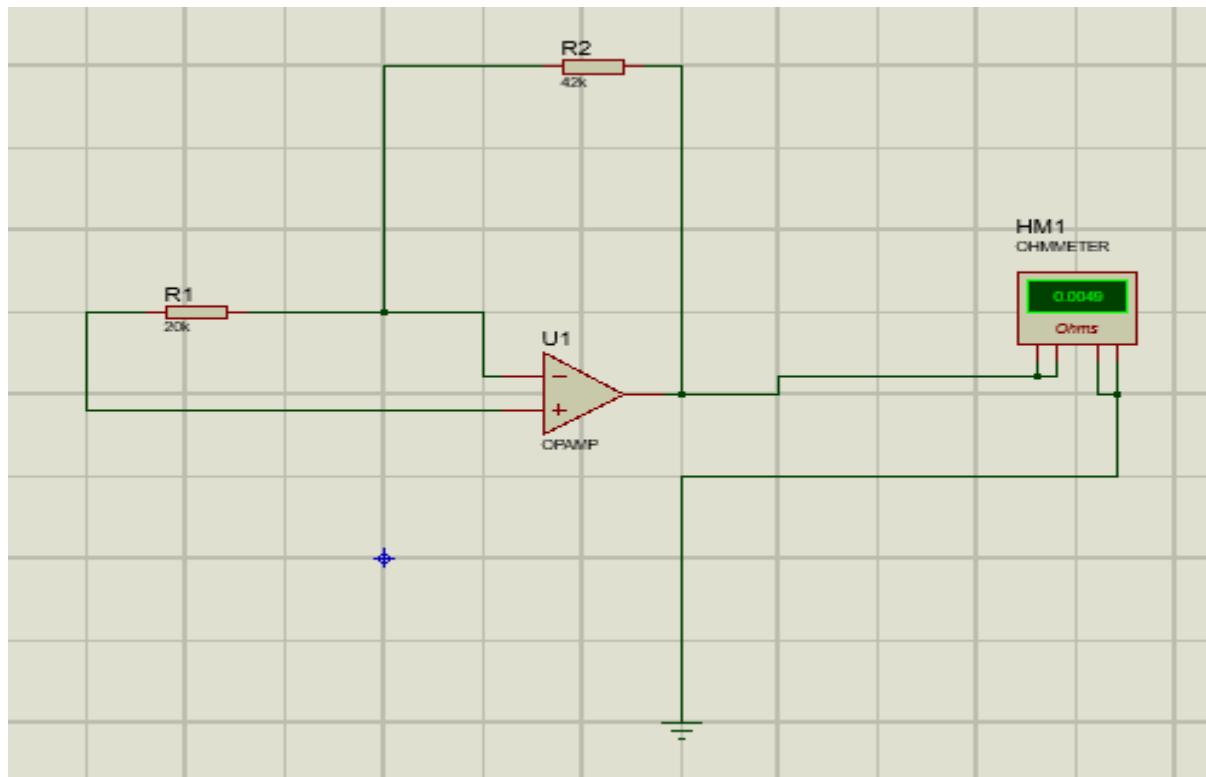


Figure 7 : Mesure d'impédance de sortie.

$Z_s = 0.0049 \text{ ohm}$.

2- Amplificateur non inverseur :

Les paramètres utilisés dans ce montage sont :

R₁ = 20000 ohm.

R₂ = 42000 ohm.

V = 100 mv.

F = 1khz.

Calcul théorique :

1-le gain théorique en tension :

L'amplificateur non inverseur est le deuxième amplificateur de base. Pour calculer le gain en tension, on va se servir de l'équation et en déduire :

$$V_e = V_-$$

R₂ et R₁ forment un pont diviseur entre V_s et V₋, soit :

$$V_e = V_s * \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

On tire:

$$A_v = \frac{V_s}{V_e} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

2-Calcul de la tension V_e :

On a une contre réaction négative (régime linéaire) → Σ=0 : V₋=V₊

V₊=V_e et V₋=VR₁ → V_e=VR₁.

En appliquant le diviseur de tension on a :

$$V_e = V_{r1} = V_s * \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

3-Calcul d'impédance d'entrée et de sortie :

$$Z_e = R_1 + R_e.$$

$$Z_s = R_s // (R_1 + R_2).$$

Simulation sur proteus :

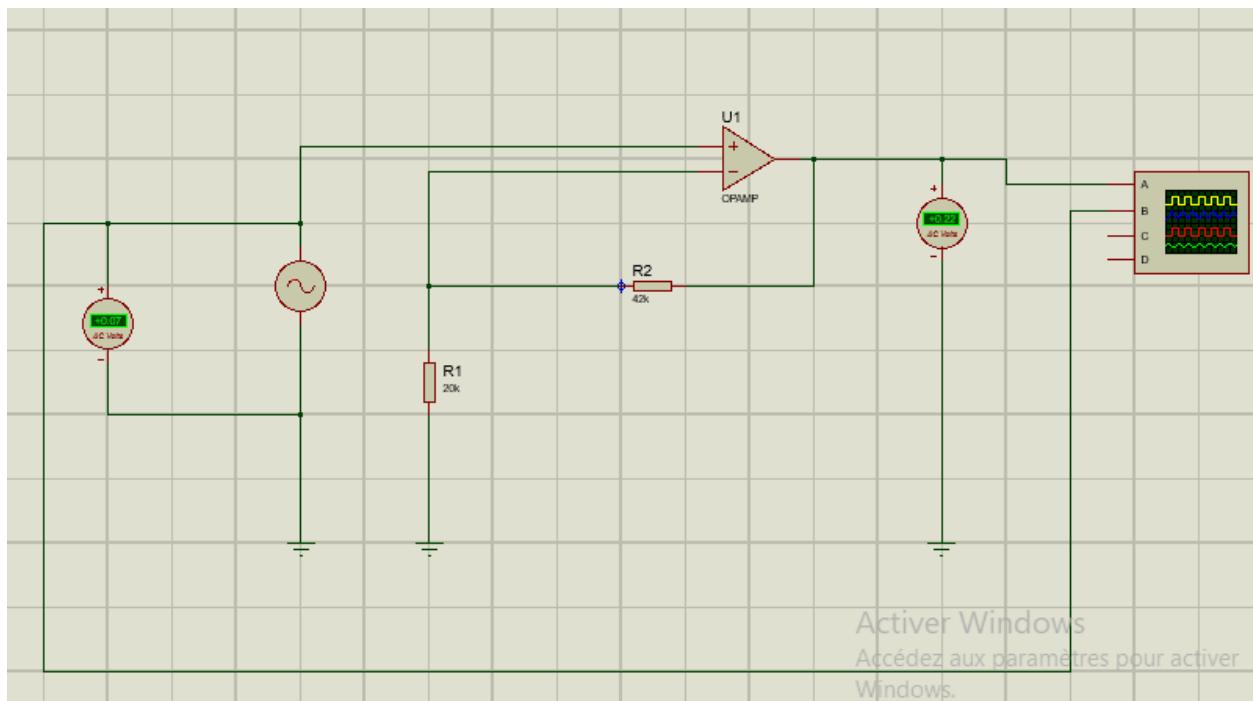


Figure 8 : Montage amplificateur non inverseur.

Les paramètres utilisés dans ce montage sont :

$R_1 = 20000 \text{ ohm}$.

$R_2 = 42000 \text{ ohm}$.

$V = 100 \text{ mv}$.

$F = 1\text{khz}$.

En lançons la simulation on va obtenir les deux courbes de tension suivante avec la courbe jaune c'est la tension de sortie et la courbe bleu c'est la tension d'entrée.

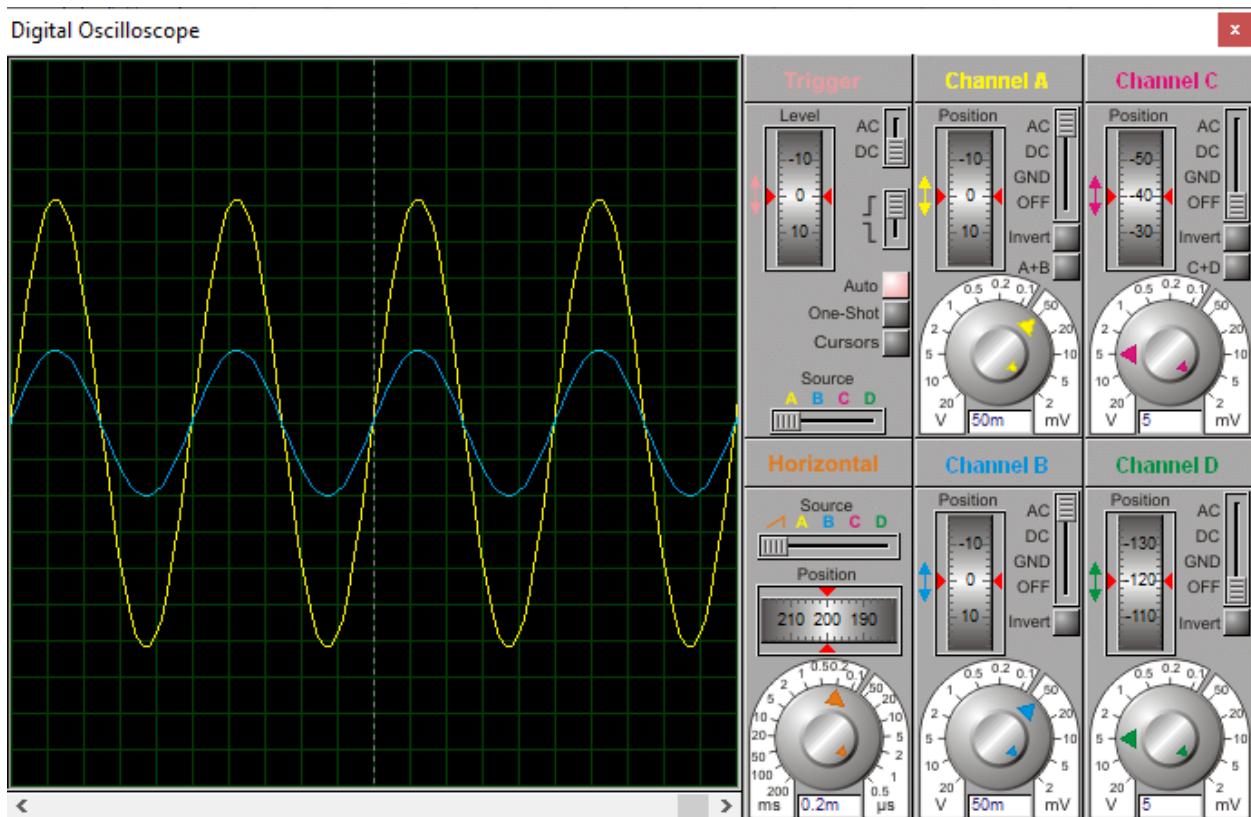


Figure 9 : Tension d'entrée et de sortie sur oscilloscope.

On peut bien remarquer que le signal de sortie est amplifié et inversé par rapport au signal d'entrée.

a-L 'amplitude du signal de sortie est :

$$V_s = 0.22 * \sqrt{2} = 0.311 \text{ V.}$$

b – L'amplification du montage :

$$A = V_s / V_e$$

$$= 0.311 / (0.07 * \sqrt{2}) = 3.142.$$

C – On va augmenter l'amplitude de V_e jusqu'à que le signal soit déformé on remarque bien que à partir de $V_e = 6 \text{ V}$ le signal est déformé.

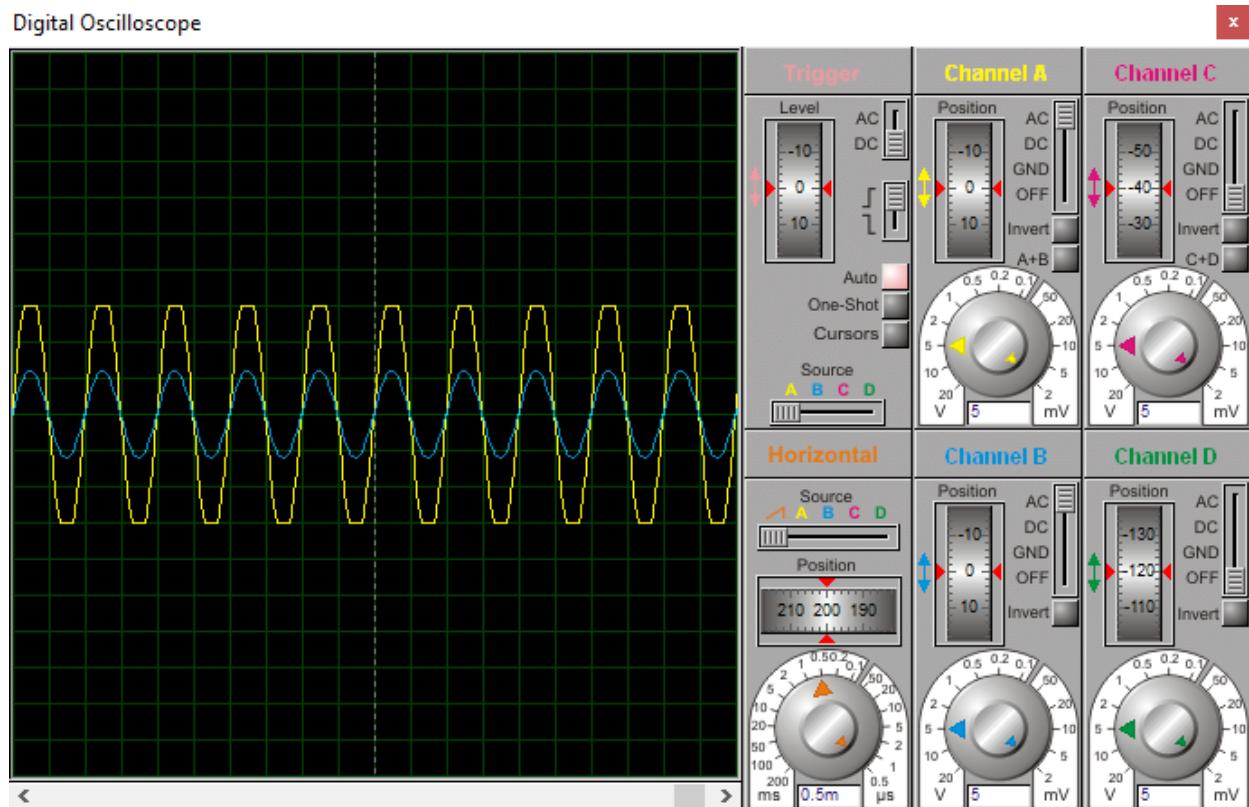


Figure 12 : Signal d'entrée et le signal de sortie déformée.

On observe que à partir de $V_e = 6 \text{ V}$ le signal de sortie est déformé par ce que il n'a pas conserver la forme sinusoïdal d'entrée donc on constate que avec ce montage d'amplification la tension à amplifier il faut qu'il soit strictement inférieur à 6v . Donc ce montage ne supporte pas plus de

6 v. Contrairement au montage inverseur qui supporte jusqu' a 10v.

d-Mesure impédance :

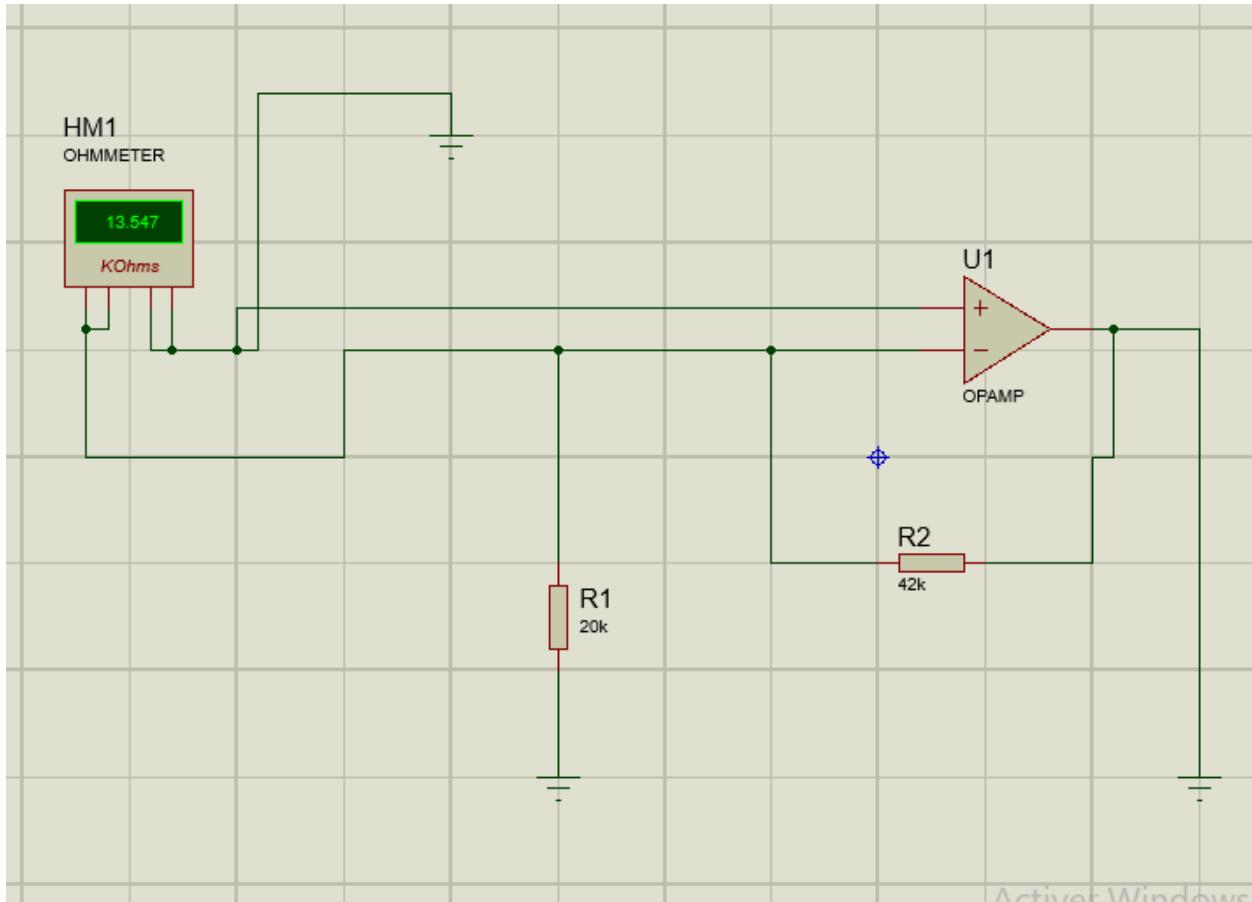


Figure 13 : Mesure d'impédance d'entrée.

$$Z_e = 13.547 \text{ ohm.}$$

Et de sortie :

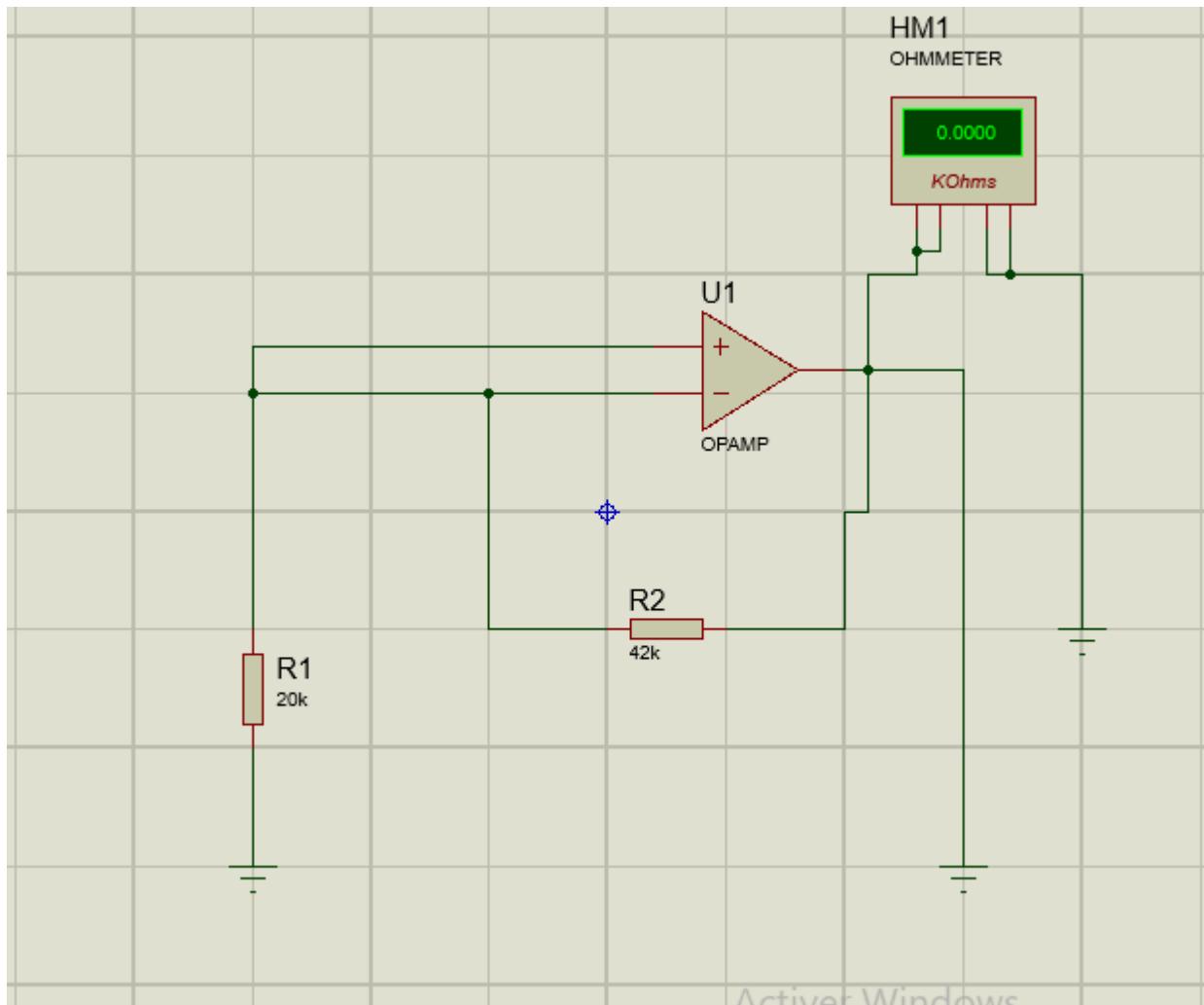
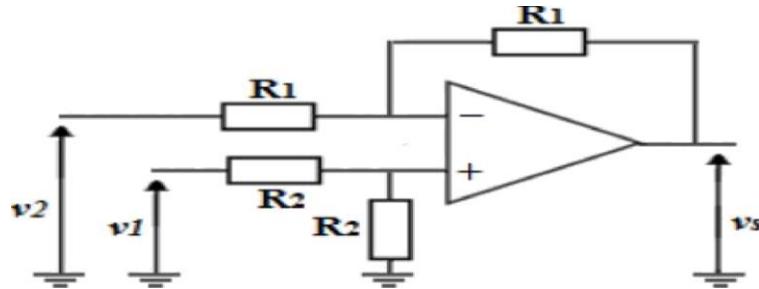


Figure 14 : Mesure d'impédance de sortie.

3-Amplificateur soustracteur :

1-L'expression de Vs :



On a une contre réaction négative (régime linéaire) $\rightarrow \varepsilon=0$: $V-=V+$

En appliquant le théorème de milleman on a :

$$V- = \frac{\frac{V_2}{R_1} + \frac{V_s}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1}} \rightarrow V- = \frac{1}{2}V_2 + \frac{1}{2}V_s$$

En appliquant le principe de diviseur de tension on a :

$$V_+ = \frac{R_2}{R_2 + R_2} V_1 \rightarrow V_+ = \frac{1}{2} V_1$$

$$V- = V_+ \rightarrow \frac{1}{2}V_2 + \frac{1}{2}V_s = \frac{1}{2}V_1$$

$$V_s = V_1 - V_2$$

2-Realisation du montage :

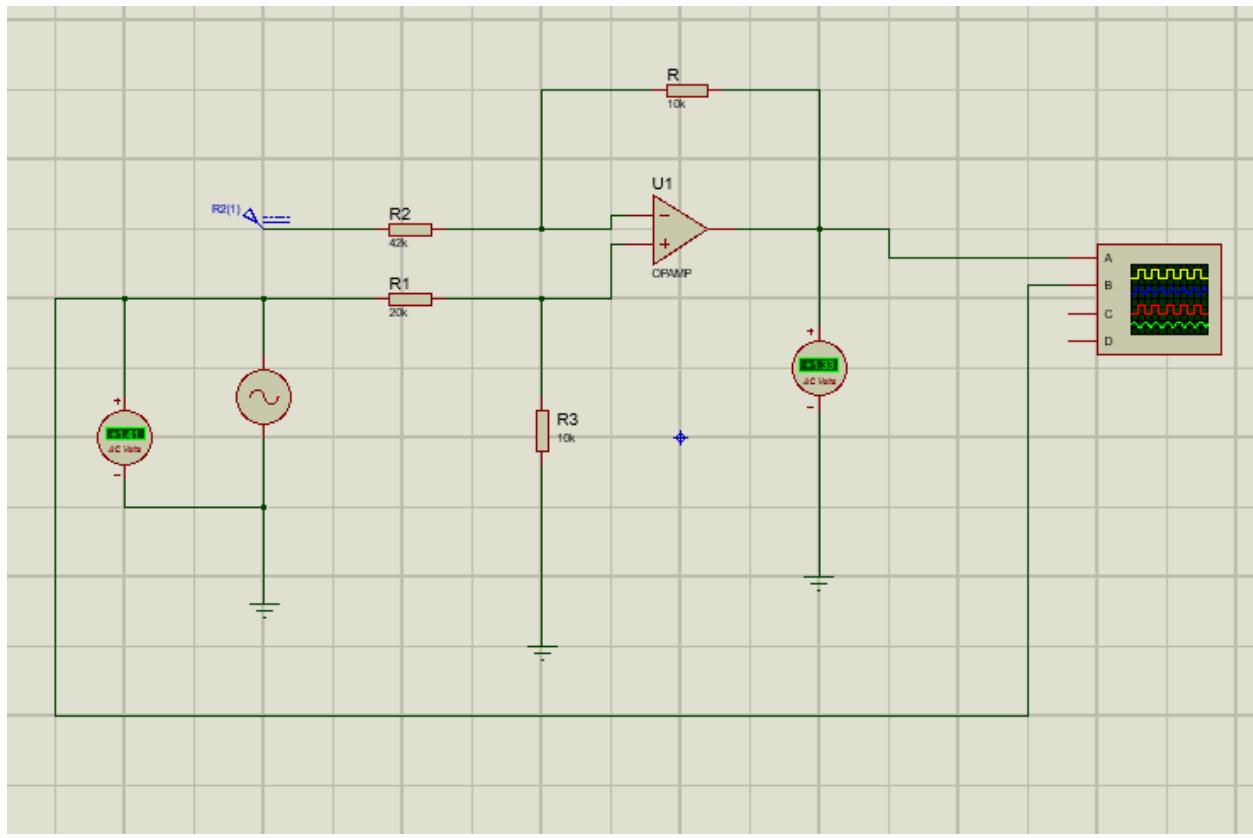


Figure 15 : Montage amplificateur soustracteur.

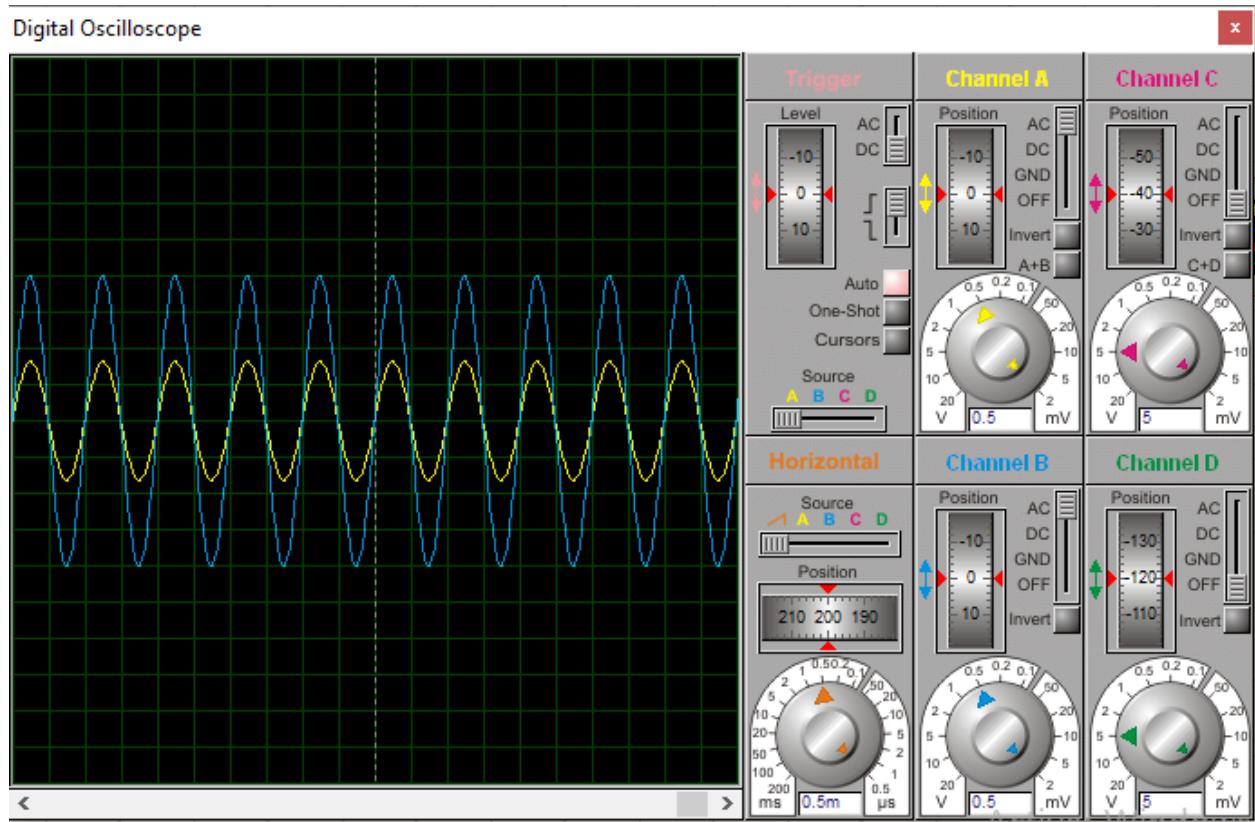


Figure 16 : Signal d'entrée et le signal de sortie .

$$Vs = 1.33 * \sqrt{2} = 1.88 \text{ V}$$

4-Ampli additionneur :

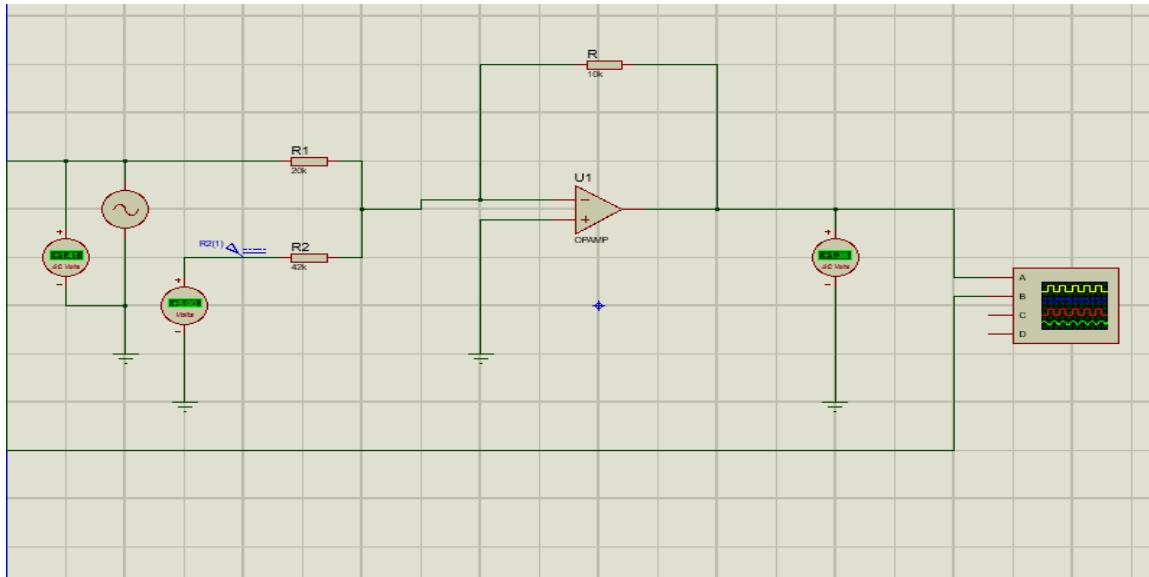


Figure 17 : Montage amplificateur additionneur.

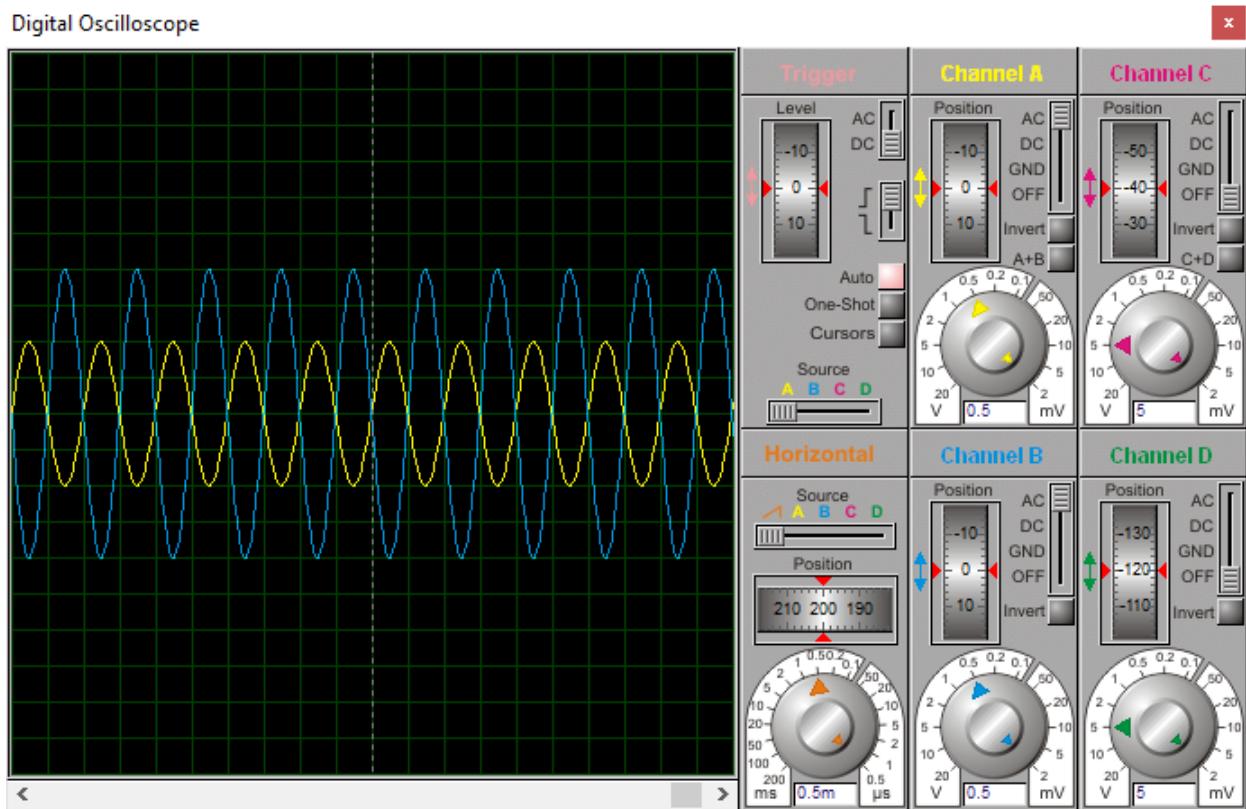


Figure 18 : Signal d'entrée et le signal de sortie .

$$V_s=1.38\sqrt{2}=1.95v$$

5-Déivateur :

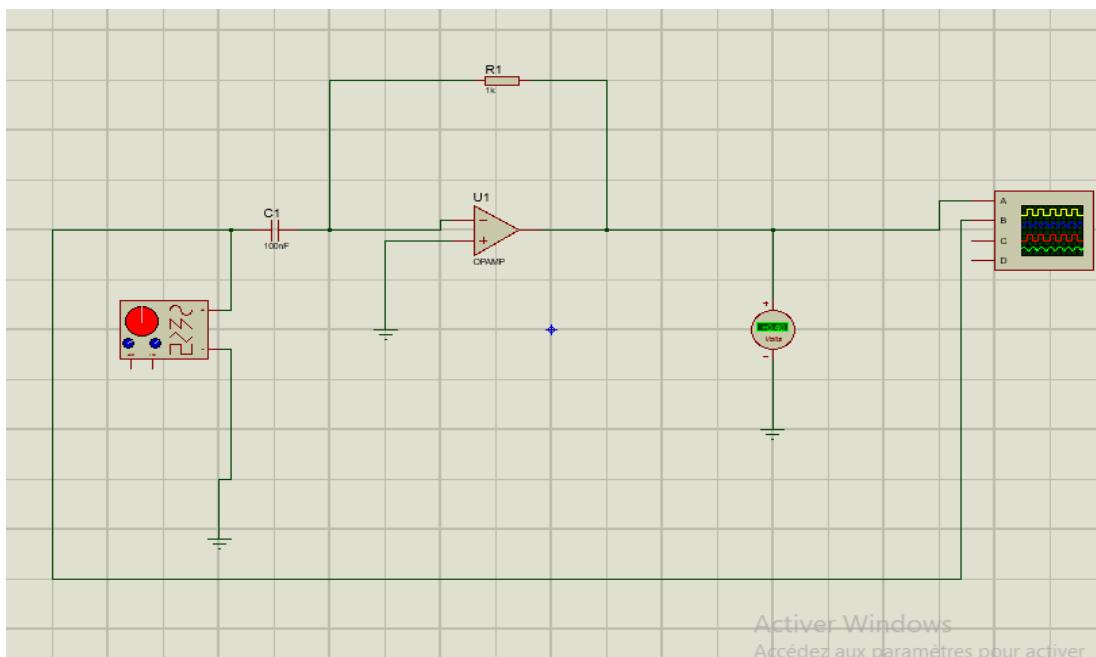


Figure 19 : Montage amplificateur déivateur.

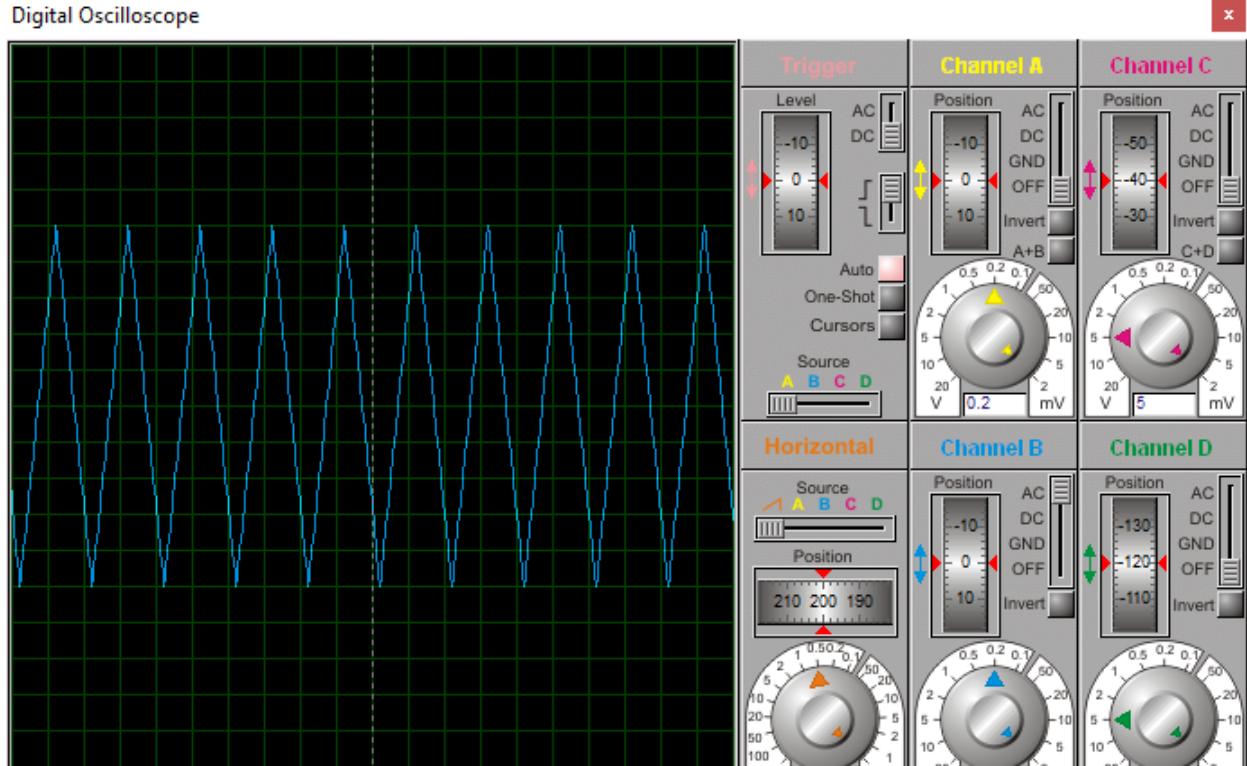


Figure 20 : Signal d'entrée triangulaire.

En entrée et en sortie, on a :

$$V_s = -R * i$$

$$Q = C * V_e$$

Le courant i est la dérivée de la charge électrique q présente sur les électrodes du condensateur :

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Au final, on obtient:

$$V_s = -RC \frac{dV_e}{dt}$$

La sortie est proportionnelle à la dérivée de l'entrée. Comme pour le montage précédent, avec un amplificateur réel, on aura des difficultés à faire fonctionner ce circuit tel quel (système instable),

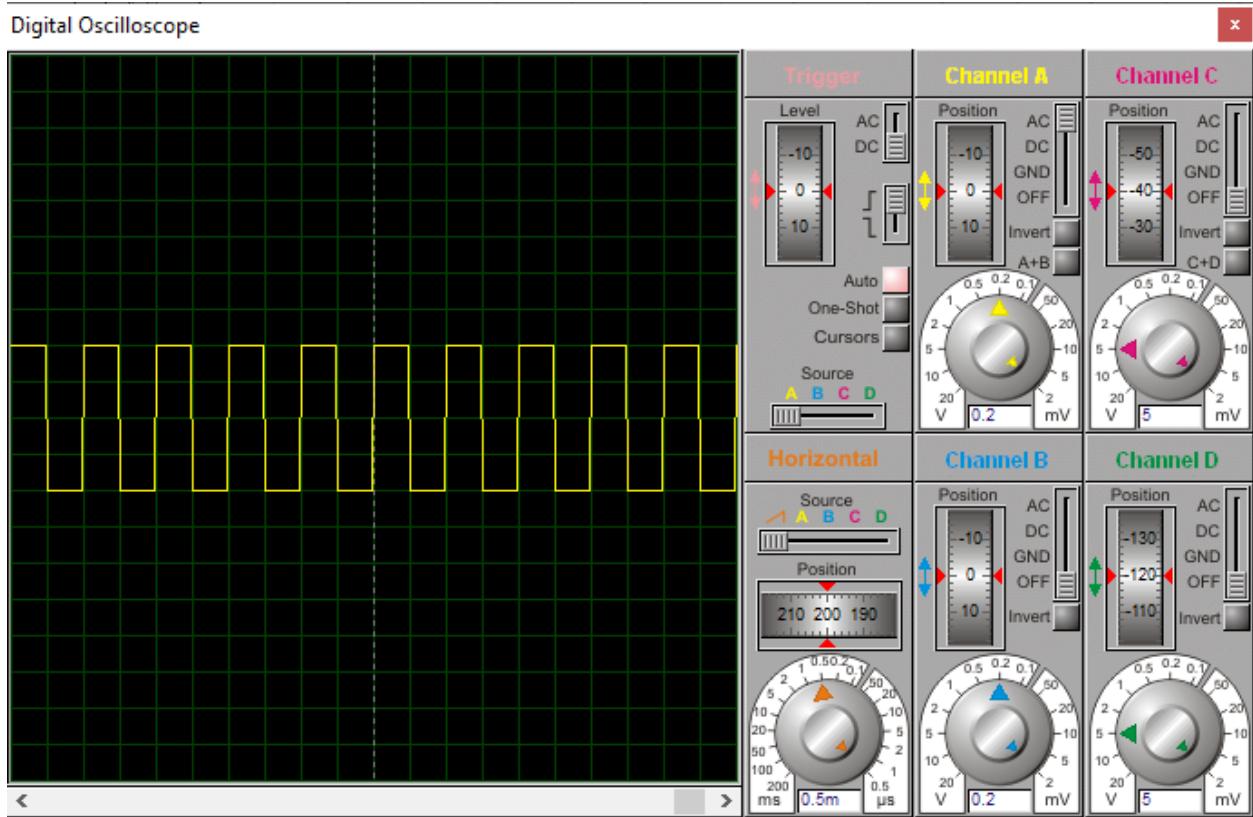


Figure 20 : Signal de sortie.

On observe que pour un signal d'entrée triangulaire on obtient un signal carrée de sortie.

Pour un signal sinusoïdal, On obtient en sortie :

Digital Oscilloscope

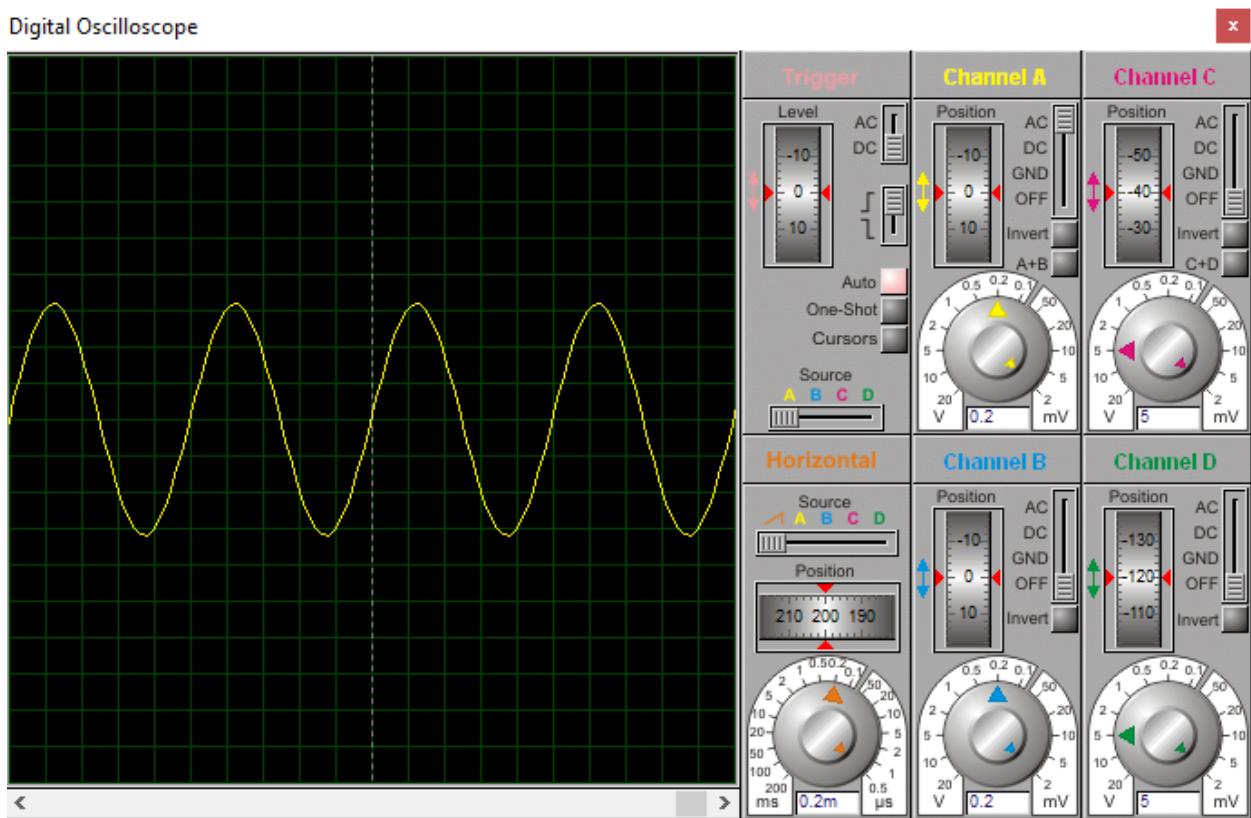
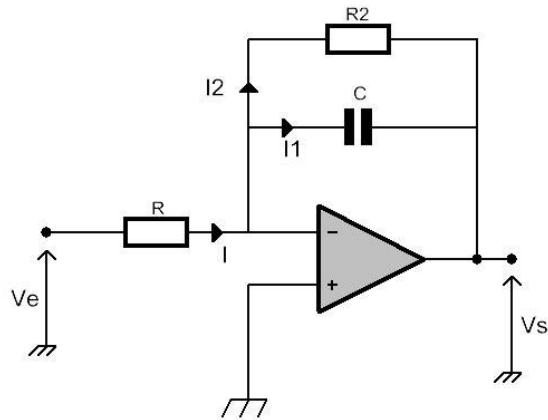


Figure 21 : Signal de sortie.

Donc dans ce montage pour une entrée sinusoïdal en obtient en sortie un signal sinusoïdal.

6-Intégrateur :

Schéma du montage :

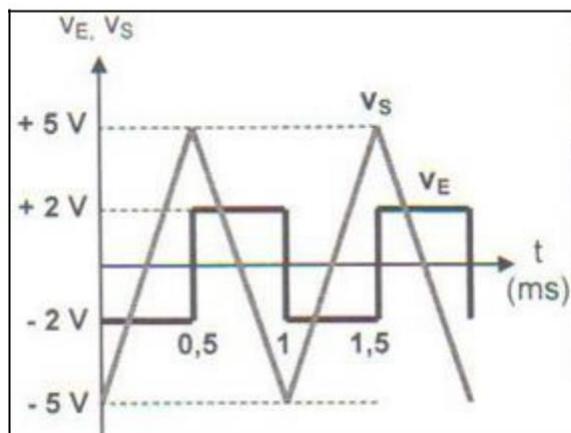


Avec : $C = 100 \text{ nF}$ $R = 1 \text{ K}\Omega$

Relation de la tension sortie avec la tension d'entrée :

$$V_e = R \cdot I \Rightarrow I = \frac{V_e}{R}$$

$$V_s = -\frac{1}{C} \int i dt = -\frac{1}{RC} \int V_e dt$$



Représentation du signal d'entrée et de sortie

Rôle de « R' » parallèle avec le condensateur :

En réalité, l'intégrateur de tension ne fonctionne pas de manière si idéale. En effet, le faible courant d'entrée de l'amplificateur produit dans R une chute de tension qui est elle aussi intégrée : la sortie se sature car le condensateur reste chargé. Pour obtenir une intégration satisfaisante, on peut placer une résistance R en parallèle sur C afin de permettre l'écoulement de son courant de décharge. Cette résistance se doit d'être ni trop grande pour ne pas perturber l'intégrateur, ni trop faible afin de jouer correctement son rôle. En pratique on prend $R' = 10 \cdot R$.

Simulation sur proteus:

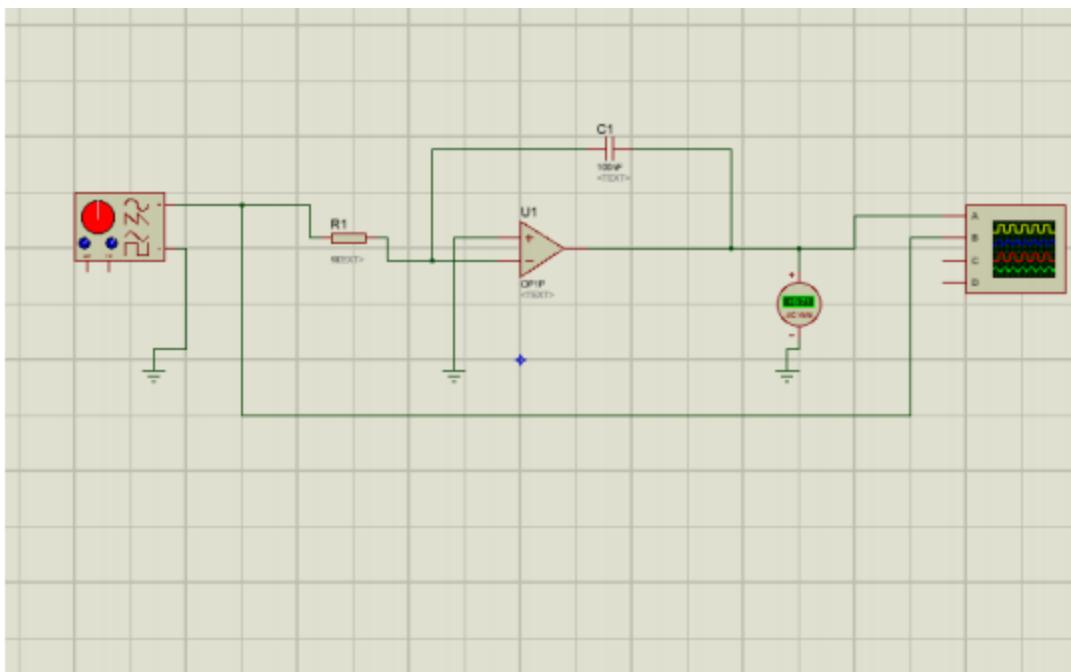


Figure 22 : Montage amplificateur intégrateur.

2-Observation simultanément vs et ve en DC :

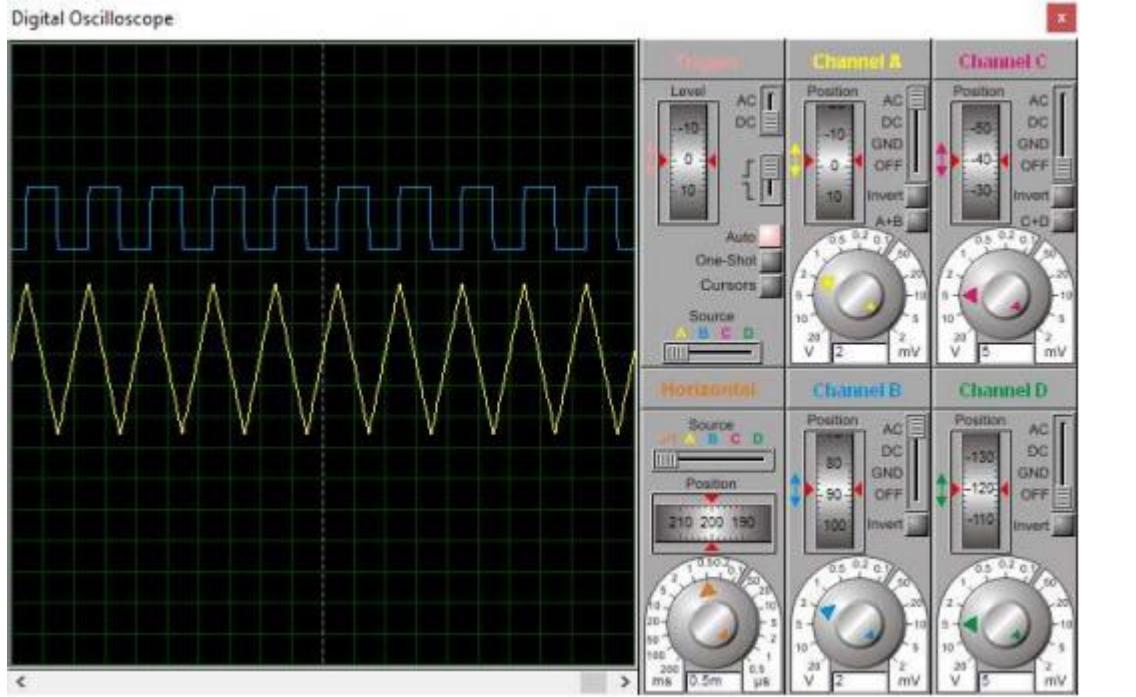


Figure 23 : Signal d'entrée et le signal de sortie.

4-Placement de la résistance :

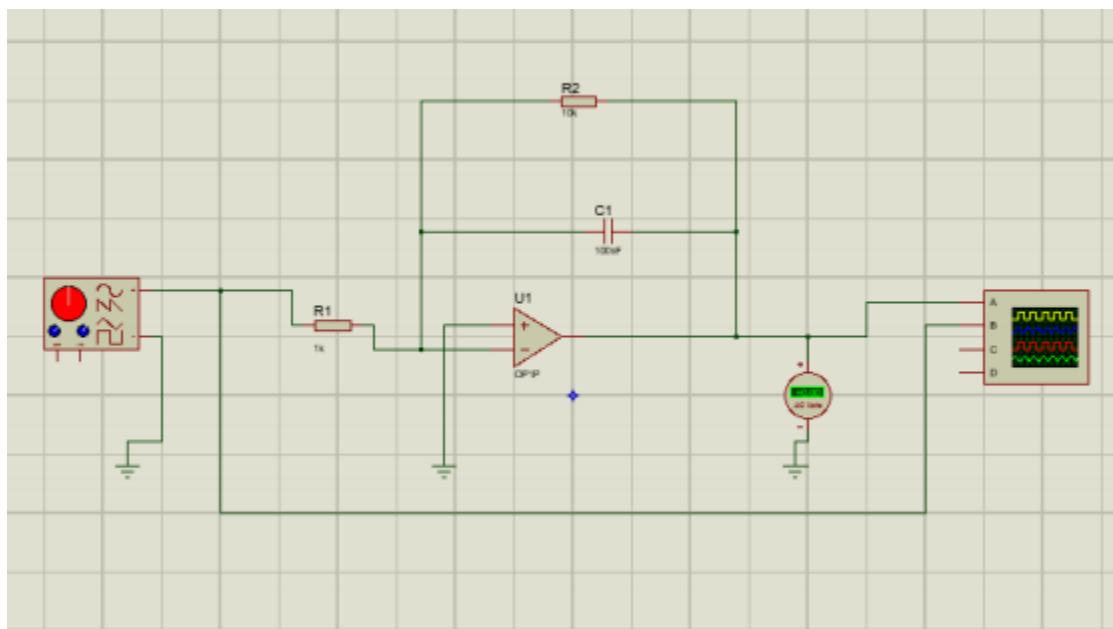


Figure 23 : Montage amplificateur intégrateur (une résistance en parallèle).

Observation de la réponse pour un signal triangulaire:

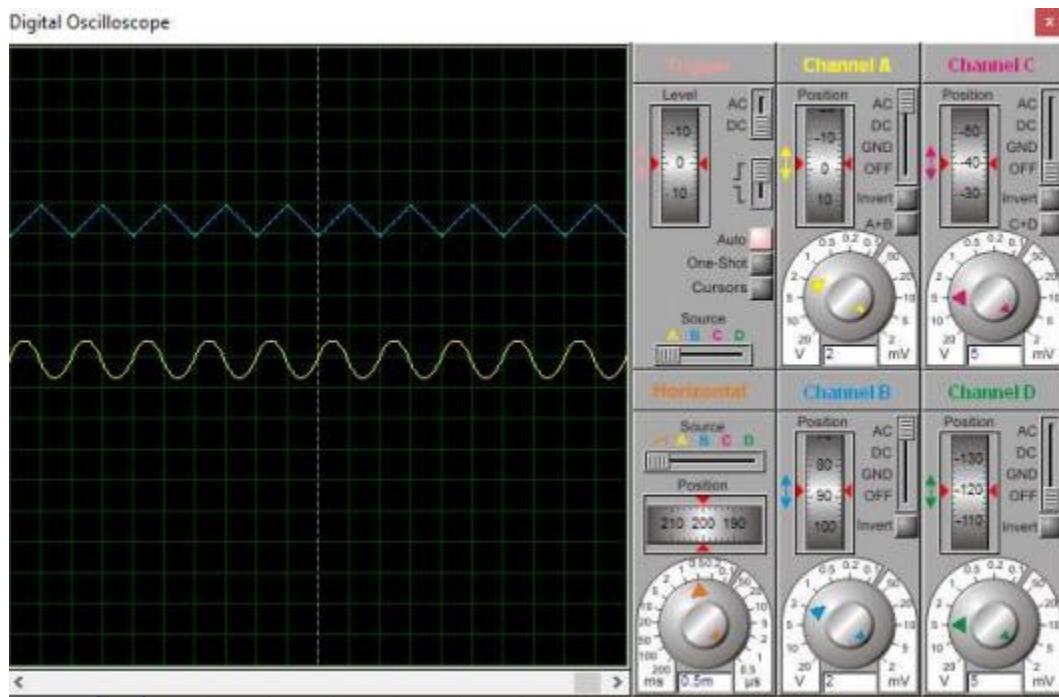


Figure 24 : Signal d'entrée et le signal de sortie.

Observation de la réponse pour une sinusoïde :

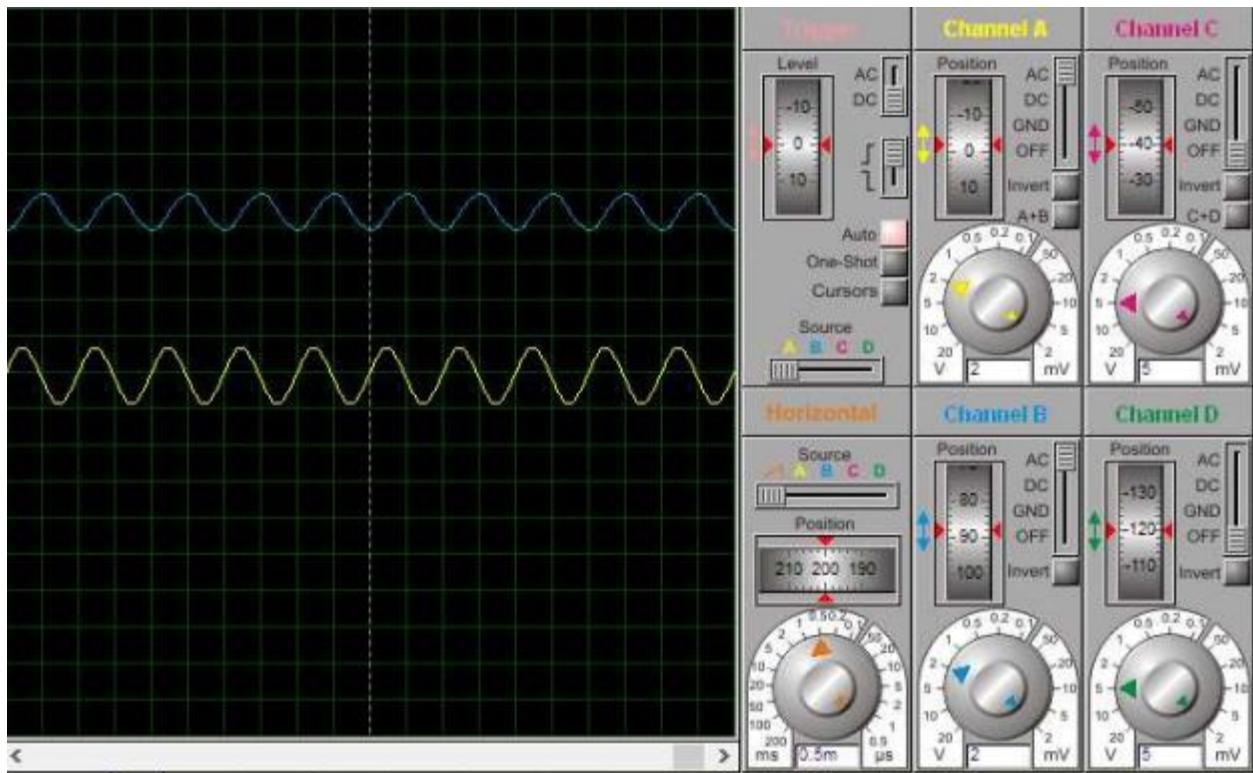


Figure 25 : Signal d'entrée et le signal de sortie.

Conclusion

Un amplificateur électronique est un circuit électronique qui amplifie l'amplitude des signaux ou la tension du signal d'entrée, nous obtenons donc à la sortie de l'amplificateur un signal similaire au signal d'entrée, mais avec plusieurs fois sa valeur. L'amplificateur électronique se compose de plusieurs parties dont au moins un transistor ou une valve électronique qui traite un signal analogique de sorte que ses propriétés sont amplifiées et amplifiées. L'une des caractéristiques de la sortie est qu'elle donne une puissance supérieure à la puissance d'entrée. La différence de deux puissances est obtenue à partir d'une source électrique, telle qu'une batterie ou une source électrique telle que celle utilisée dans les maisons. Il existe des amplificateurs pour courant continu et donc pour tension constante, ainsi que pour amplificateurs AC et donc pour tension alternative. L'une des propriétés les plus importantes de l'amplificateur électronique est ce qu'on appelle sa "linéarité", ce qui signifie que la quantité du signal sortant est directement proportionnelle à la quantité du signal d'entrée. Autrement dit, la tension d'entrée passe au double, ce qui augmente la tension de sortie pour doubler. La diffraction de l'amplificateur à partir de la linéarité est quelque chose que nous n'avons pas envie de faire car elle déforme les signaux. Il est possible d'y superposer différentes fréquences qui ne sont pas présentes dans le signal entrant, ce qui n'est pas souhaitable, car cela fonctionne pour déformer les sons émanant d'un amplificateur radio, par exemple. Il est possible de choisir l'amplification de manière à ce qu'elle ne soit pas linéaire, par exemple, elle peut faire de l'amplification une amplification "logarithmique", et ce que les écouteurs utilisent, et c'est une autre caractéristique de celle-ci qui peut être contrôlée. Dans ce travail, on a vu différentes fonctions que l'Amplificateur Opérationnel (AOP) peut réaliser. Nous avons pu observer les qualités des amplificateurs opérationnels. Elles consistent en la facilité de fabriquer un bon nombre de fonctions utiles comme des fonctions mathématiques ou encore des capteurs. Cependant, l'AOP présente des limites dans la tension de sortie, qui est dû à son alimentation, ainsi il ne peut pas délivrer plus que les tensions de saturation. Par contre les inconvénients des amplificateurs ne sont pas négligeables : une limite en fréquence, le slow rate, qui perturbe le signal de sortie et fausse l'information qu'il transporte, et une limite en amplification de tension, la saturation, qui est encore plus important pour l'amplification de puissance où nous utiliserons plutôt des transistors bipolaires.