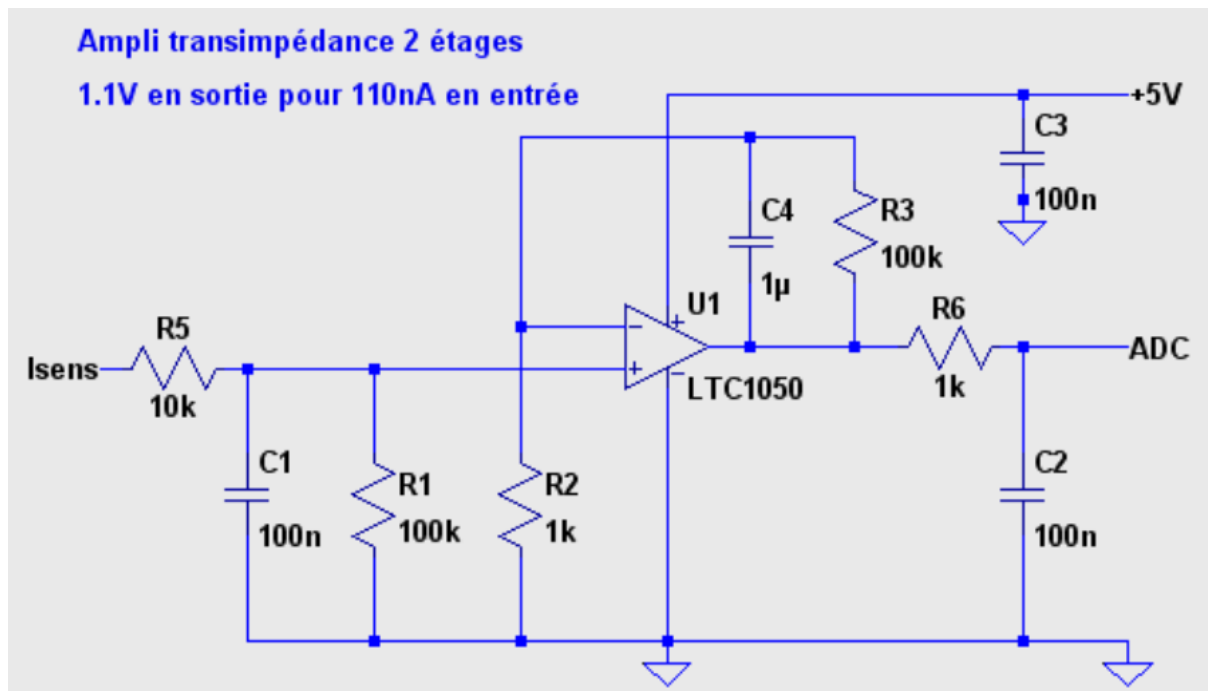


## **LTSpice : Simulation du capteur Graphite**

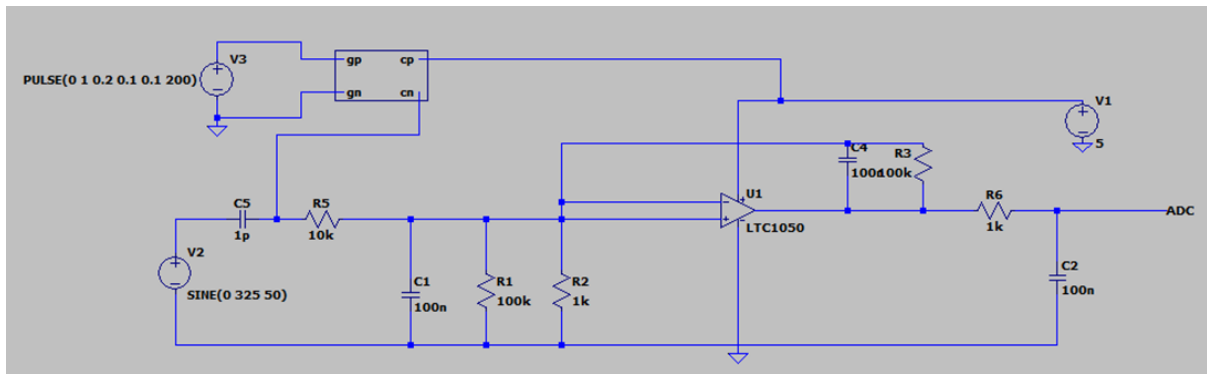
Dans le cadre de notre projet MOSH, il nous a été demandé de réaliser un capteur en graphite, et de récupérer la valeur de sa résistance en temps réel sur une application. Pour ce faire, nous avons dû designer un circuit électronique avant de le réaliser en TP. Ce circuit a été réalisé sur LTSpice afin de nous permettre de simuler le capteur, et est composé d'un amplificateur transimpédance.



**Figure 1 : Schéma LTSpice de l'amplificateur transimpédance**

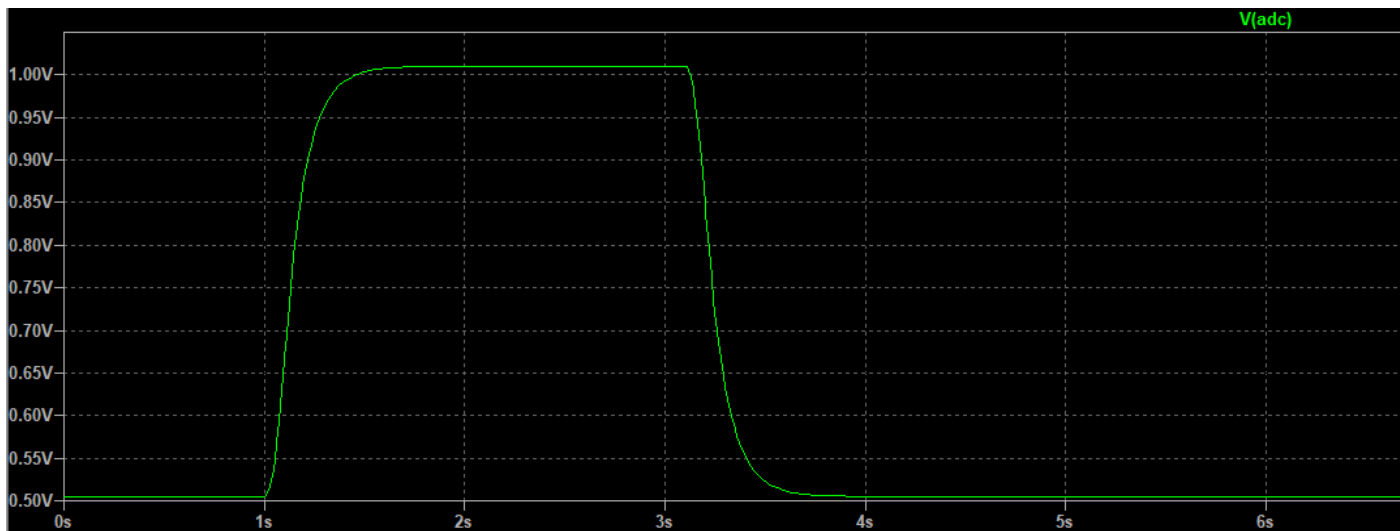
Ce type d'amplificateur permet d'amplifier très largement la valeur de tension mesurée en sortie (ADC). En effet, la résistance du capteur (ayant auparavant été mesurée au multimètre) étant de l'ordre de la centaine de MOhms, pour une tension d'alimentation de 5V, on obtient un courant de sortie de seulement 110nA. Il apparaît ainsi comme obligatoire d'amplifier ce courant, de manière à ce que le courant puisse être assez important pour être ensuite transformé en variation de tension mesurable par la carte Arduino.

Nous avons alors simulé le capteur graphite sur LTSpice (figure 2) afin d'étudier l'utilité des 3 filtres présents autour de l'amplificateur transimpédance.



*Figure 2 : Simulation du capteur graphite*

Comme nous le savons, la résistance du capteur est de quelques centaines de  $M\Omega$ , et la tension d'alimentation de 5V, nous avons décidé d'envoyer en entrée une pulse de courant de 50 nA à 100 nA sur une durée de 2 secondes (étude transitoire).



*Figure 3 : réponse à une pulse de 50 nA à 100 nA sur une durée de 2s*

L'important était ici de bien vérifier que le capteur était fonctionnel et qu'il ne saturait pas. On observe bien que celui-ci ne sature pas car  $1V < V_{cc}$ . On a donc décidé d'étudier à partir de quel courant d'entrée ( $I_{sens}$ ) on observait une saturation en sortie

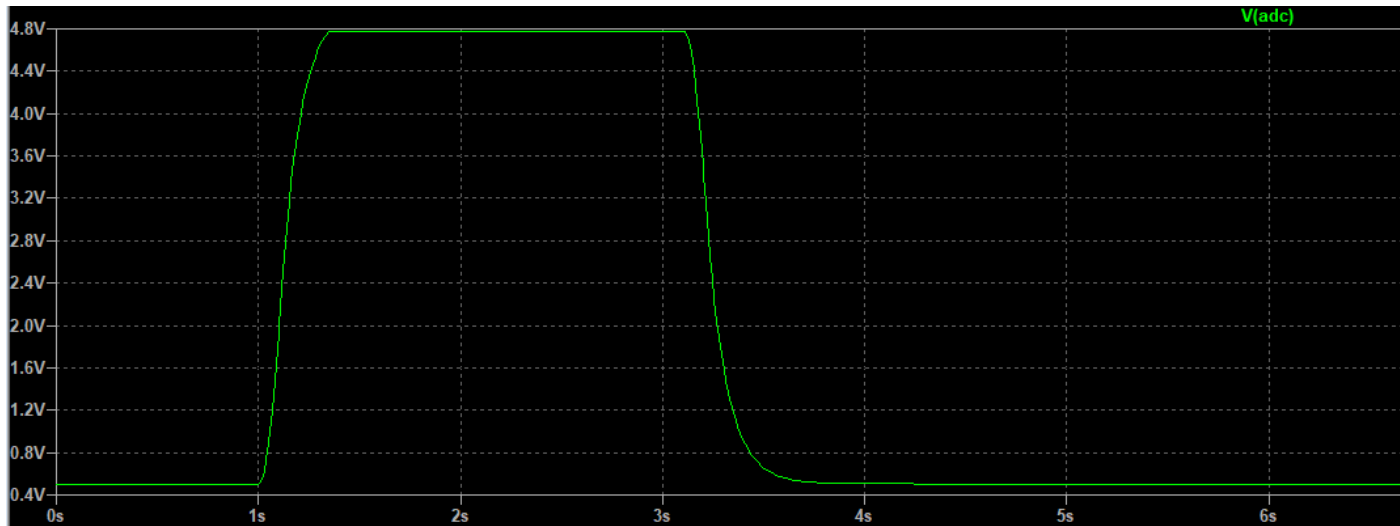


Figure 4 : Etude de la saturation en sortie pour une pulse de 50 nA à 500 nA sur une durée de 2s

Nous observons bien ici que la tension de saturation est de 4,8V, nous en déduisons que la saturation en sortie a lieu lorsque l'on met un courant d'entrée tel que  $I_{sens} = 480 \text{ nA}$ .

Cette valeur de saturation est totalement liée à la résistance R2, il pourrait ainsi être intéressant de remplacer R2 par un potentiomètre digital, afin de limiter cette saturation.

Aussi, il est important d'atténuer le bruit à 50 Hz (lié au 220 V de notre électricité), nous avons donc décidé d'effectuer une analyse fréquentielle de notre circuit afin de voir à quel point les filtres permettent d'atténuer le bruit à 50 Hz. Comme nous pouvons le voir sur la figure 5, le bruit semble atténué d'environ 40 dB, ce qui constitue une réelle atténuation de celui-ci.

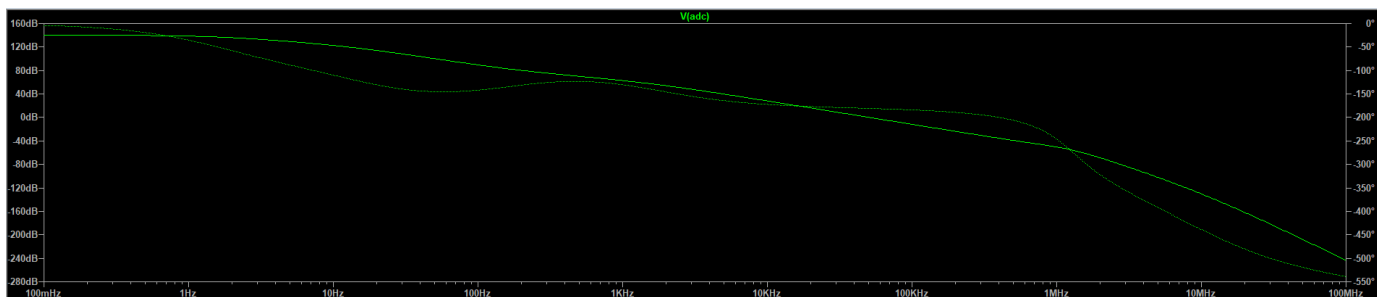


Figure 5 : Etude fréquentielle du gain du circuit complet

Enfin, nous allons étudier l'utilité des 3 différents filtres présents sur le circuit.

Commençons par l'étude du filtre R1,R5,C1. Le calcul théorique de sa fréquence de coupure théorique  $f_1 = 1/2\pi \cdot R1 \cdot C1 = 160$  Hz.

Cependant, comme nous pouvons l'observer sur la figure, on se situe aux alentours de  $f_{1exp} = 16$  Hz.

On mesure cela en calculant  $\text{GainMax} - 3 \text{ dB} = 116 - 3 = 113 \text{ dB}$ .

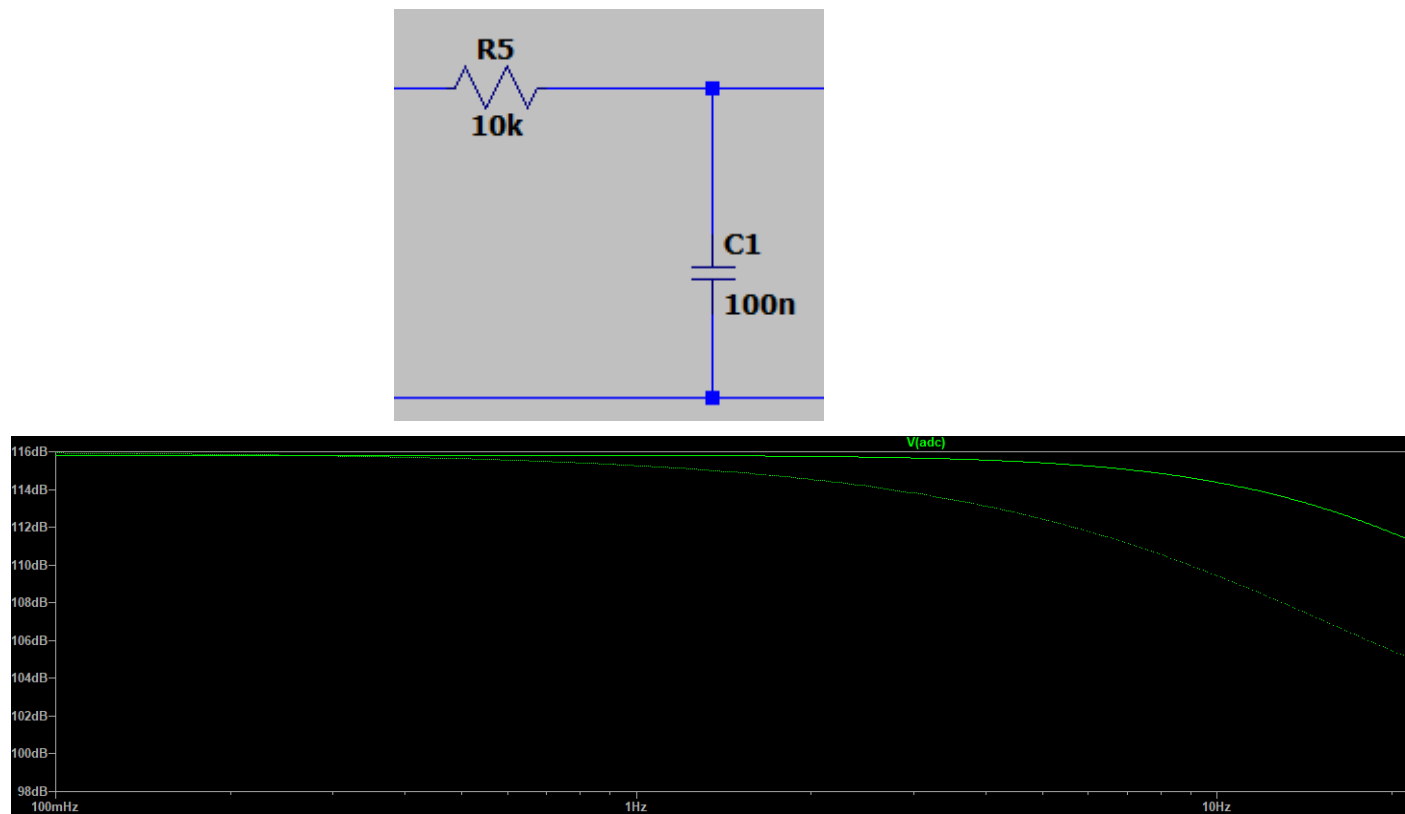


Figure 6 : Etude du filtre passe-bas R1.R5.C1

Nous en déduisons que ce filtre vise à réduire l'impact des hautes fréquences sur le circuit.

Nous allons maintenant nous focaliser sur l'étude du filtre R3,C4 ayant comme fréquence de coupure théorique  $f_2 = 1/2\pi \cdot R3 \cdot C4 = 1,6 \text{ Hz}$

Cela se voit sur la figure 7 où l'on observe  $f_{exp2} = 1,6 \text{ Hz}$ .

Ce filtre permet de réduire le bruit à 50 Hz.

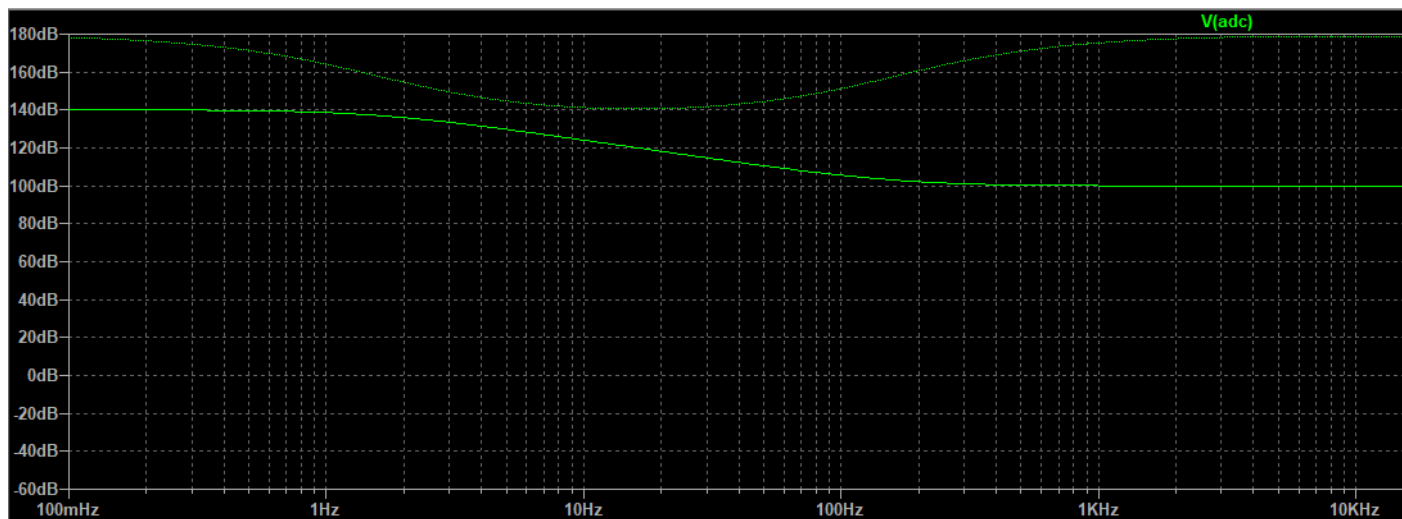
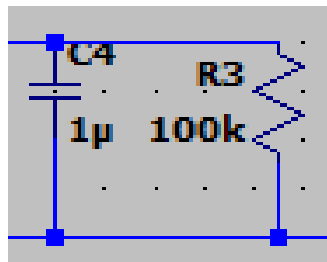


Figure 7 : Etude du filtre passe-bas R3,C4

Enfin, nous allons étudier le filtre R6,C2, donc la fréquence de coupure théorique est de  $f_3 = 2\pi \cdot R_6 \cdot C_2 = 1,6 \text{ kHz}$

Comme nous pouvons le voir sur la figure 8, on observe une fréquence de coupure expérimentale de  $f_{exp3} = 1,6 \text{ kHz}$ .

Ce filtre permet de lisser le signal de sortie, en retirant le bruit lié à l'alimentation par exemple.

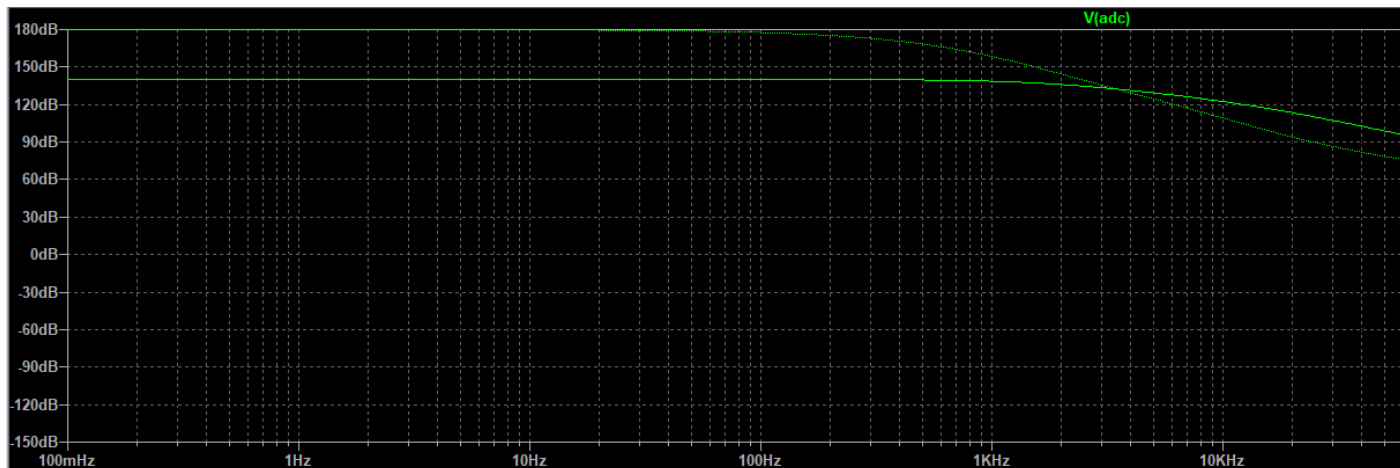
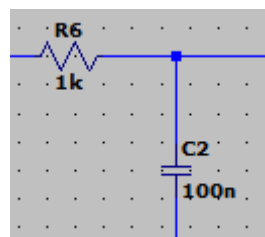


Figure 8 : Etude du filtre passe-bas R6,C2