

RAPPORT DU PROJET : SmartPatate

I) Contexte du projet

Ce projet a pour but de nous faire créer une pomme de terre intelligente. Qu'est-ce que l'on entend par intelligence ?

La pomme de terre doit être capable de savoir si on la touche avec un doigt, deux doigts ou si on l'attrape à pleine main. Pour cela, nous sommes passés par plusieurs expériences qui nous ont mené jusqu'à notre projet final et la création de notre prototype de pomme de terre intelligente.

II) Résultat des expériences menées

Nous allons ici détailler les deux expériences réalisées pour parvenir à faire notre prototype.

Expérience 1 :

Nous avons un circuit composé d'une électrode, qui est dans notre cas un simple fil, d'une résistance R1 de 500Ω, d'une résistance R2 de 1MΩ, d'une bobine de 10 mH et de deux cartes Arduino. Nous nous servons d'une carte Arduino comme d'un générateur pour un circuit PWM, et de l'autre carte comme d'un oscilloscope. Pour réaliser ce montage, il nous faut confectionner la bobine adéquate.

Pour pouvoir construire la bobine, il faut calculer le nombre N de spires.

Pour cela nous connaissons déjà la relation suivante ; $L = \mu * (N^2/l) * S$

Il nous suffit de la modifier pour qu'elle nous donne la formule suivante qui nous permettra de calculer le nombre de spires N, en fonction de :

- La perméabilité μ en H.m⁻¹,
- La longueur l de la bobine (et non pas du fil qui la compose) en mètres (m),
- L'inductance L en henry,
- La section S en m².

$$N = \sqrt{(L * l) / (\mu * S)}$$

Sachant que :

$$L = 0.01 \text{ H}$$

$$l = 8 \text{ mm} = 8 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$\mu = \mu_0 * \mu_r = 4 * 10^{-7} * 10000$$

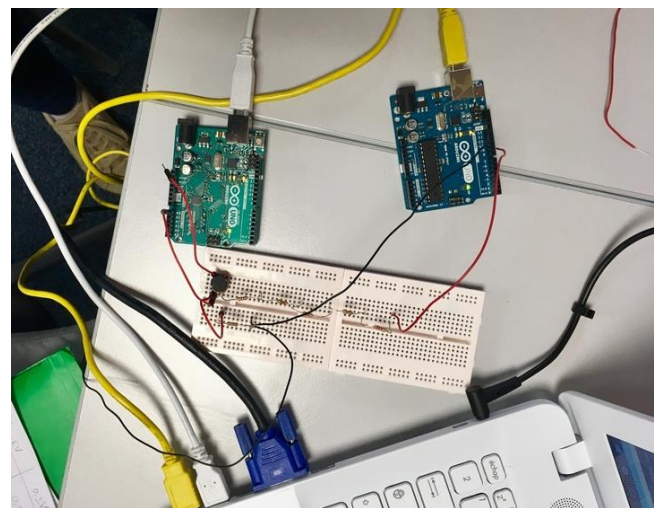
$$S = \pi r^2 \quad d = 0.3 \text{ mm} \rightarrow r = 0.15 \text{ mm} = 1.5 * 10^{-4}$$

$$S = (1.5 * 10^{-4})^2 * \pi = 7.1 * 10^{-8}$$

$$N = \sqrt{(0.01 * 8 * 10^{-3}) / (4 * 10^{-7} * 10000 * 7.1 * 10^{-8})} = 335$$

Nous devons donc confectionner une bobine de 335 spires, c'est à dire que le fil de la bobine fait 335 tours.

Une fois notre bobine construite, nous pouvons faire le montage. Voici le montage que nous avons réalisé :



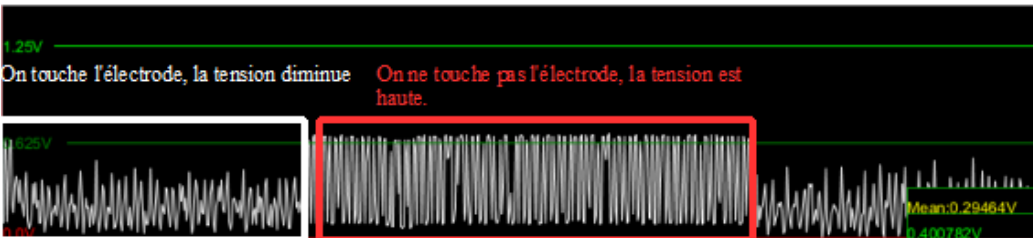
Montage de l'expérience 1

Maintenant que notre montage est prêt, nous faisons des tests en touchant l'électrode. On remarque que lorsque l'on touche l'électrode, la tension, que l'on lit en temps réel grâce à l'oscilloscope, est basse. Nous avons testé plusieurs fréquences pour le circuit et nous avons ainsi relevé les différences de tensions lorsque l'on touche ou non l'électrode. Les résultats obtenus ont été mis dans un tableau :

Fréquence	500 Hz	1 kHz	10 kHz	50 kHz	100kHz
Tension crête à crête pas touché	0.4V	0.4V	0.3V	0.3 V	0.3V
Tension crête à crête pas toucher	0.6V	0.615V	0.615V	0.615 V	0.620 V

Fréquence	200kHz	300kHz	400kHz	500kHz	600kHz
Tension crête à crête touché	0.2V	0.2V	0.2V	0.2V	0.2V
Tension crête à crête pas touché	0.625V	0.630 V	0.635V	0.635V	0.640V

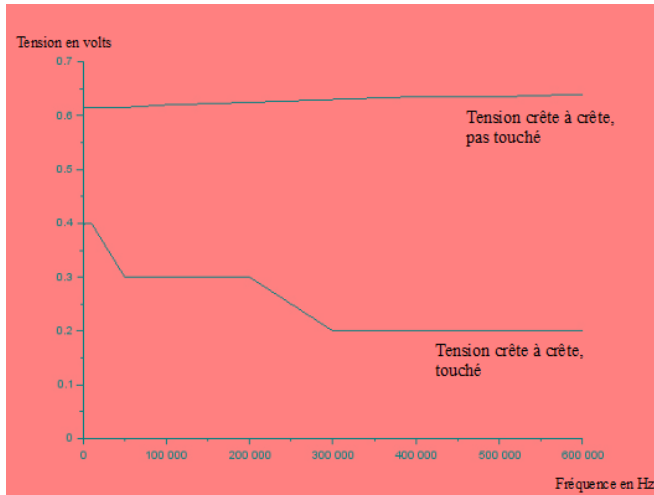
On voit donc bien que, plus la fréquence est haute, plus la tension obtenue est basse. Ci-dessous se trouve un exemple de différence de tension en fonction de si on touche ou non l'électrode.



Ainsi, nous avons l'exemple de ce qui se passe à 400000 Hz. En blanc, nous avons la situation lorsqu'on touche l'électrode et en rouge, on a la situation lorsque l'on ne touche pas l'électrode.

Ensuite, nous avons modélisé l'évolution de la tension en fonction de la fréquence, en précisant si on touche ou non l'électrode dans un graphique grâce au logiciel Scilab.

Représentation Graphique de nos résultats :



Pourquoi parle-t-on de capteur capacitif ?

On peut dire que le circuit que l'on a monté est un capteur capacitif car on observe une variation de la tension lorsque l'on touche ou non l'électrode. On peut donc en conclure qu'il détecte si l'on touche ou pas l'électrode.

Déduisez-en quel composant le corps humain remplace dans le montage.

Le corps humain résiste au courant qui le traverse. Il se comporte donc comme une résistance. Le corps humain peut donc être remplacé par une résistance à l'intérieur du circuit.

Pourquoi le signal diminue-t-il ?

Le signal diminue car le contact avec les tissus humains a le même effet que si l'on rajoutait une résistance au circuit, donc la tension diminue.

Calculer la capacité de votre corps en fonction du type de contact.

On a remarqué lors de l'expérience que suivant la façon dont on touche l'électrode, la capacité diffère. Si on la touche avec plus qu'un seul doigt, la résistance du corps devient plus importante. La valeur de la résistance R du corps humain est assez variable, mais reste de l'ordre de 1000Ω . Mais la conductivité du corps humain est variable suivant si le corps est sec ou humide. La résistance du corps est néanmoins proportionnelle à l'intensité et la tension.

$$Q = C \cdot U$$

- Q : la charge électrique en coulomb ©
- C : la capacité en Farad (F)
- U : la tension en ampère (V)

Pour calculer la capacité moyenne du corps humain, il faut d'abord savoir que la masse moyenne d'un homme est de 70 kg, sa masse molaire atomique est $M=10 \text{ g.mol}^{-1}$ et chaque atome contient 10 protons.

On va calculer le nombre de protons (N_p) se trouvant dans le corps humain :

$$n_{\text{atomes}} = m_{\text{moyenne}} / M_{\text{moyenne}} = 70.10^3 / 10 = 7.10.10^3 \text{ mol}$$

$$n_{\text{protons}} = 7.10.10^3 * 10 = 7.0.10^4 \text{ mol}$$

- n : quantité de matière
- m : masse
- M : masse molaire

$$\text{Donc } N_p = n_{\text{protons}} * N_a = 7.0.10^4 * 6.02.10^{23} = 4.2.10^{28} \text{ protons}$$

Pour calculer la charge électrique des électrons du corps humain : $Q = N_e * -e$

$$\text{Il faut avoir le nombre d'électron } (N_e), \text{ et } N_e = N_p. \text{ Donc } Q = 4.2.10^{28} * -1.6.10^{-19} = -6.72.10^9 \text{ C}$$

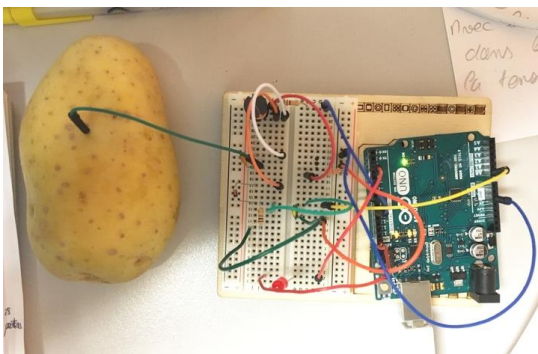
On va donc pouvoir calculer la capacité du corps humain avec la formule du début : $Q = C * U$ et donc $C = Q/U$.

$$\text{Lorsque l'électrode est touchée par un homme, } C = Q/U = -6.7.10^7 / 0.625 = -1.072.10^8 \text{ F}$$

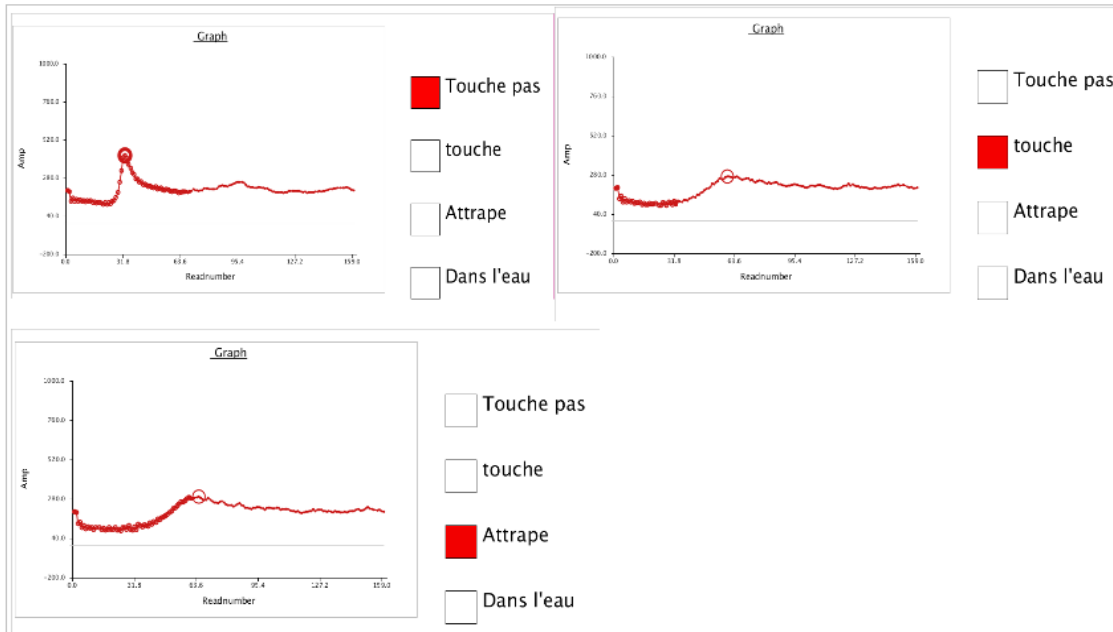
Expérience 2 : La deuxième expérience comprend un circuit composé de 2 condensateurs de 10 F et 0.1F, 3 Résistances de 10 K Ω , 3.3k Ω et 1 M Ω , d'1 diode, 1 bobine de 10 mH et 1 électrode.

Dans cette expérience, nous allons mettre notre électrode en contact avec une pomme de terre. Le but est donc d'observer les situations suivantes lorsque l'on touche la patate ou non.

Photo du montage :



Résultat obtenu :



Observez les évolutions de l'amplitude du signal en fonction de la fréquence utilisée.

Le signal doit changer en fonction de si on ne le touche pas, si on le touche avec un doigt, si on le prend à pleine main.

Pourquoi les valeurs de l'amplitude du signal évoluent en fonction de la manière dont vous touchez la patate ? La pomme de terre est un isolant. Lorsque l'on va toucher la patate, le corps étant un conducteur, un courant va être établi. Dans l'amplitude du courant va augmenter puisqu'un courant passe, donc une tension. Ainsi, plus la surface de contact avec la pomme de terre va être importante, plus le courant va bien passer et donc l'amplitude va augmenter.

III) Explication du fonctionnement du circuit et du fonctionnement du capteur

Le circuit est donc composé de 3 résistances de 10 k Ω , 3.3k Ω et 1 M Ω , de 2 condensateurs de 10 F et 0.1F, d'une diode, d'une bobine de 10 mH et d'une électrode (toujours notre fils simple).

Comment vas fonctionner le circuit de l'expérience 2 ?

Premièrement, nous allons détailler le fonctionnement des composants du circuit. La bobine et les résistances sont utilisés comme filtres et servent à lisser le signal. Les condensateurs vont générer un champ électrique. On plante l'électrode dans une pomme de terre qui est un isolant donc il n'y a pas de courant qui passe dans la patate.

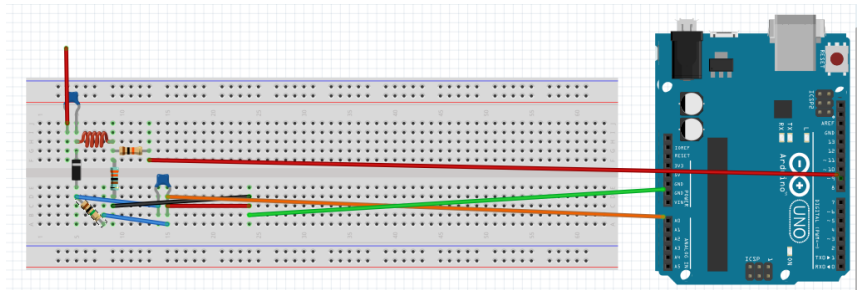
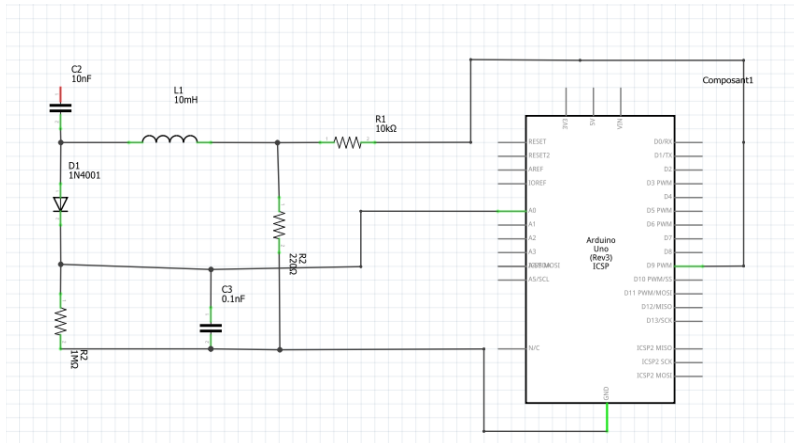
Ensuite, on va toucher la pomme de terre. Le corps, étant conducteur, va établir un courant dans cette partie du circuit. Cela va perturber le champ électrique créé par les condensateurs. Le champ électrique va alors modifier l'amplitude qui va également modifier la fréquence. Ainsi, les modifications plus ou moins grandes de la fréquence vont nous indiquer si nous tenons le tubercule à pleine main, ou seulement avec un doigt ou si on ne le touche pas.

Plus la surface de contact avec la patate est importante, plus le corps va être conducteur : le champ électrique va être perturbé et on constatera une augmentation de l'amplitude.

C'est sur ces variations de l'amplitude qui vont servir pour le capteur capacitif. Plus les variations sont grandes, plus on est capable de dire que la surface de contact entre le corps et la pomme de terre est importante.

IV) Présentation du prototype

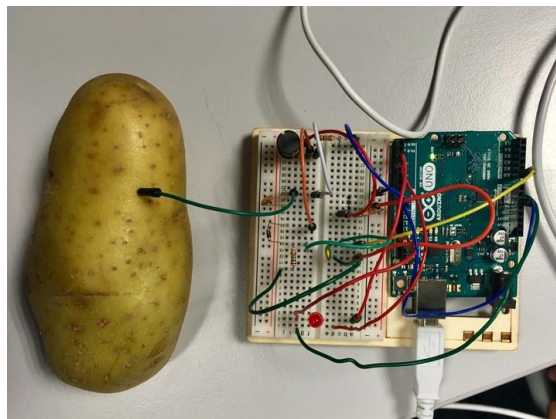
Sur Fritzing, nous avons modélisé notre circuit :



Quel est le but de notre prototype ?

La patate intelligente est munie d'un capteur capacitif et est donc capable de savoir si on ne la touche pas, si on la touche à un doigt ou si on la prend à pleine main.

Photo du montage :



Solutions apportées :

Comme vu dans le fonctionnement du programme précédent, le programme est capable de voir si on ne touche pas la pomme de terre, si on la touche ou si on la prend à pleine main. Cela est lié à l'amplitude qui augmente plus la surface de contacts entre la patate et le corps humain est importante.

Donc, en fonction de la valeur de cette amplitude, on va pouvoir rajouter des signes distinctifs qui vont nous indiquer que la pomme de terre capte qu'on la tient. Ainsi, à l'amplitude initial, on laisse la LED allumée car on ne touche pas la patate. Puis, lorsque l'on va toucher avec un seul doigt le tubercule, il y a une augmentation de l'amplitude qui va faire s'éteindre la LED. Enfin, si on prend la patate à pleine main, l'amplitude va encore augmenter et la LED reste éteinte.

En conclusion, l'allumage ou non des LED va nous indiquer que la pomme de terre "sait" comment on la tient. Pour pouvoir éteindre la LED, il faut trouver les fréquences qui correspondent à la façon dont on tient la pomme de terre. Lorsqu'on a la fréquence qui correspond à "on touche la pomme de terre à un doigt", on fait s'éteindre la LED. Lorsqu'on a la fréquence qui correspond à "attrape la pomme de terre à pleine main", on fait en sorte que la LED reste éteinte. Pour pouvoir faire cela, il faut modifier le code Arduino.

V) Bilan du projet :

- *Retour sur le projet :*

Nous avons des problèmes pour faire fonctionner notre circuit avec les programmes. Pour localiser la source du problème, nous avons testé nos programmes avec un circuit fonctionnel d'un autre groupe et nous nous sommes aperçu que cela fonctionnait. Nous en avons donc déduit que le problème venait du circuit. Nous avons reproduit le circuit plusieurs fois en changeant les composants mais cela n'a rien changé. Nous pensons que le problème est dû à des problèmes de connection avec les fils ou la platine d'expérimentation (mais ça peut toujours être les composant qui, une fois changé, ne fonctionnaient toujours pas). Nous avons donc réalisé notre circuit avec l'aide du groupe de Lauras Baptiste, Cuny Benjamin et Séré Vincent qui avait un circuit fonctionnel. Grâce à cela, nous avons pu présenter notre projet.

- *Amélioration de projet :*

Le projet pourrait être amélioré par rapport au code. Par exemple on pourrait utiliser une musique qui se lancera lorsque l'on prendrait la pomme de terre à pleine main. On aurait pu ajouter plus d'options pour si on touche la pomme de terre à un doigt ou deux doigts etc.

- *Retour sur le travail en groupe :*

Pour ce projet nous nous sommes réparti les tâches en fonction de qui arrive le mieux entre la rédaction écrite et des calculs, et la partie technique avec le montage du circuit et les modifications à faire au niveau des programmes.