



**ÉCOLE UNIVERSITAIRE
DE PHYSIQUE ET D'INGÉNIERIE**
Université Clermont Auvergne

Compte-rendu du projet de conception électronique (TCE)

Le thermomètre électronique.

Rédigé par Mondanel Florian et Cuevas Rodriguez Ximena.

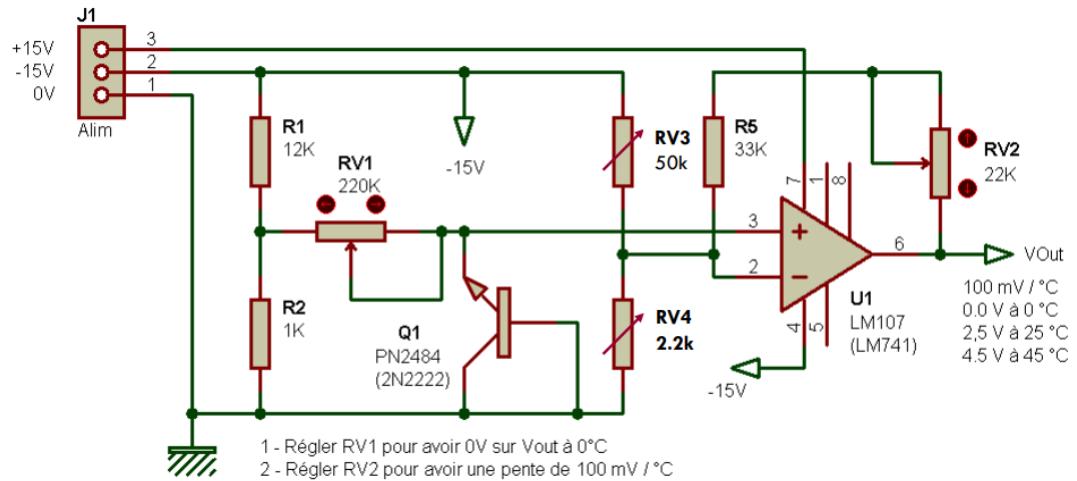
TABLE DES MATIÈRES

I.	<u>Introduction</u>	2
II.	<u>Réalisation tracé du Circuit Imprimé (TCI)</u>	7
III.	<u>Impression du circuit imprimé</u>	9
IV.	<u>Création du circuit imprimé</u>	10
	1) <u>Plaque présensibilisée originelle</u> .	
	2) <u>Insolation par irradiation UV</u> .	
	3) <u>La révélation</u> .	
	4) <u>Gravure chimique</u> .	
	5) <u>Nettoyage des pistes et pastilles</u> .	
V.	<u>Perçage du circuit imprimé</u>	11
VI.	<u>Soudage des composants du circuit imprimé</u>	11
VII.	<u>Validation de la carte</u>	12
VIII.	<u>Conclusion</u>	13

I. Introduction.

Ce tutoriel a pour but d'apprendre à réaliser son premier circuit imprimé. Nous avons choisi comme projet le thermomètre électronique, en adéquation avec la crise sanitaire. Cet appareil a permis de mesurer la température des patients malades dans les hôpitaux et autres lieux de grande affluence durant la crise.

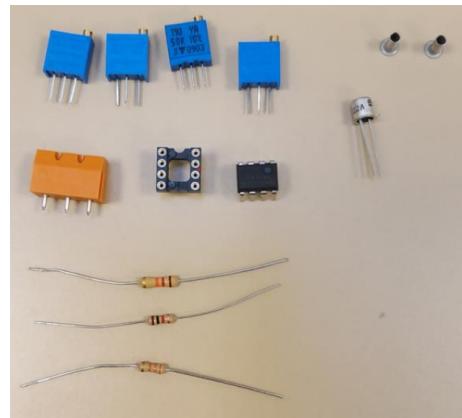
Pour ce projet nous partirons uniquement du schéma électrique qui se présente sous la forme suivante :



Nous aurons à notre disposition les éléments du circuit suivants sans straps :

Mais qu'est-ce qu'un strap en électronique ?

Aussi appelé cavalier, un strap est une composante qui permet de **relier deux broches** et ainsi de faire circuler le courant entre les deux. Ces composants sont le plus souvent utilisés en informatique, sur les cartes mères.



Tout d'abord, il faut s'assurer que nous avons l'intégralité des composants nécessaires pour la réalisation du circuit. Pour ce faire, nous allons établir le mémento, un tableau indiquant toutes les caractéristiques à savoir sur nos composants.

Composant	Valeurs	Code couleur	Polarisé ?	Brochage	Empreinte TCI
Résistor	12KΩ (+ ou - 5%)	Marron-Rouge-Orange-Or	Non	/	R0.25W
Résistor	1KΩ (+ ou - 5%)	Marron-Noir-Rouge-Or	Non	/	R0.25W
Résistor	33KΩ (+ ou - 5%)	Orange-Orange-Orange-Or	Non	/	R0.25W
Résistor.Variable	220KΩ (+ ou - 5%)	/	Non	/	Potentiomètre
Résistor.Variable	50KΩ (+ ou - 5%)	/	Non	/	Potentiomètre
Résistor.Variable	2KΩ (+ ou - 5%)	/	Non	/	Potentiomètre
Résistor.Variable	2.2KΩ (+ ou - 5%)	/	Non	/	Potentiomètre
Transistor	/	/	Oui		/
Alimentation	/	/	Oui	/	Bornier à 3 vis
Amplificateur	/	/	Oui (très faible courant)		/

Ce tableau s'appelle un memento. Il est indispensable lors de la recherche de données avant de commencer la conception du circuit imprimé. Il permettra de nous y retrouver lors des soudures avec par exemple le transistor, savoir si il est de jonction NPN ou PNP ; où sont placés l'émetteur, la base et le collecteur, de même pour l'amplificateur, comment sont numérotées les broches et à quoi elles correspondent.

On peut retrouver les schémas de nos composants via les fiches descriptives fournies et mises en ligne par le fournisseur sur internet, c'est ce que nous appellerons les datasheets. Il faudra donc créer un fichier datasheets ayant l'intégralité des fiches descriptives de vos composants dont vous aurez besoin plus tard.

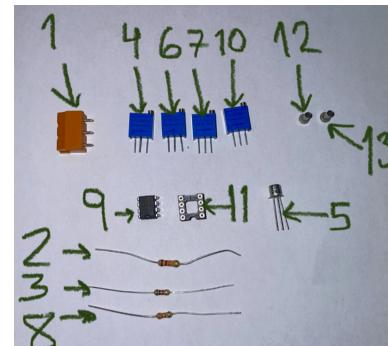
Maintenant que le travail de recherche est fini, place à l'organisation.

Nous pouvons classifier les composants électroniques en deux catégories, les composants actifs et les composants passifs. Les composants passifs sont ceux qui ne peuvent pas exciter ou alimenter le circuit, alors que les composants actifs peuvent le faire.

Comme composants passifs on a des résistances (2,3,4,5,6,7,8,10).

Parmi les composants actifs, on distingue le transistor de jonction NPN (5).

On peut également distinguer un circuit logique dans nos composants. (9)



On établit la table d'association suivante :

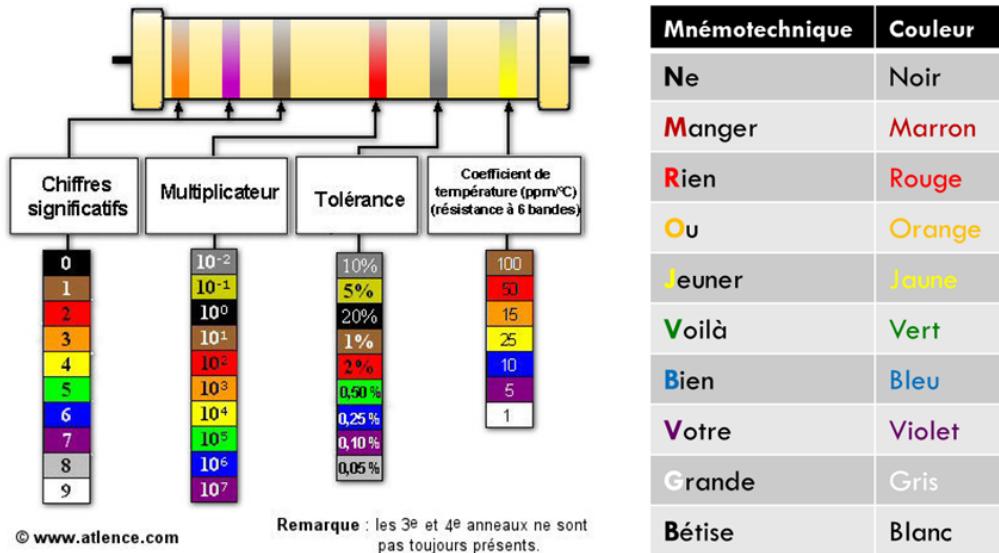
Indice	schéma	composant
1	J1	Alimentation 3 vis (+15,-15,0)
2	R1	Résistance 12K + ou -5%
3	R2	Résistance 1K + ou -5%
4	RV1	Résistance.V 220K + ou -5%
5	Q1	Transistor PN2484 (2N2222A) JONCTION NPN
6	RV3	Résistance.V 50K + ou -5%
7	RV4	Résistance.V 2.2K + ou -5%
8	R5	Résistance 33K + ou -5%
9	U1	Circuit Logique (Amplificateur) LM107 (LM 741)
10	RV2	Résistance.V 22K + ou -5%
11	Sous U1	DIL 8 branches
12 et 13	Cylindre fer	Permet de faire le lien entre Vout et -15V

Fonction des composants :

- On utilise le potentiomètre comme une résistance variable afin de pouvoir modifier l'intensité du courant.
- Une résistance limite le passage du courant électrique dans le circuit.

- Un transistor permet de contrôler un courant ou une tension.
- Un circuit logique est un circuit intégré qui comporte plusieurs portes logiques ou plusieurs bascules.
- Un bornier à 3 vis permet d'installer des connexions rapides sur différents circuits et cartes électroniques.

On peut déterminer la valeur des résistances par deux méthodes, à l'aide d'un ohmmètre et avec la méthode expliquée dans l'image suivante :



Par exemple, pour la résistance numéro 3 dans notre liste :

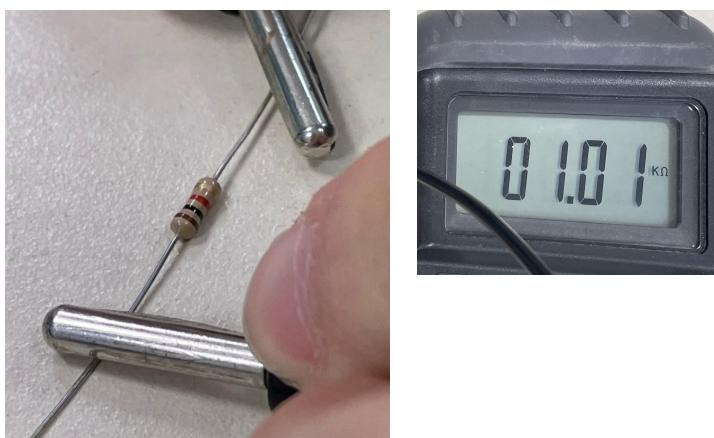
On utilise la méthode expliquée dans l'image, on remarque que le premier trait est couleur marron donc 1 comme chiffre significatif, la deuxième couleur présente est noir donc 0. Le troisième trait nous indique le multiplicateur, le rouge équivaut à 10^2 .

Jusqu'au moment où on a : $10 \cdot 10^2$.

Et pour finir on a un trait doré qui indique une tolérance de 5%.

On obtient donc à la fin $1\text{k}\Omega$ avec 5% de tolérance.

On vérifie avec l'ohmmètre et on a bien $1\text{k}\Omega$



D'après ça, on en déduit que cette résistance est bien R2 dans notre circuit électrique.
Pour les résistances couleur bleu, on utilise une autre méthode. Par exemple, pour la résistance 4.



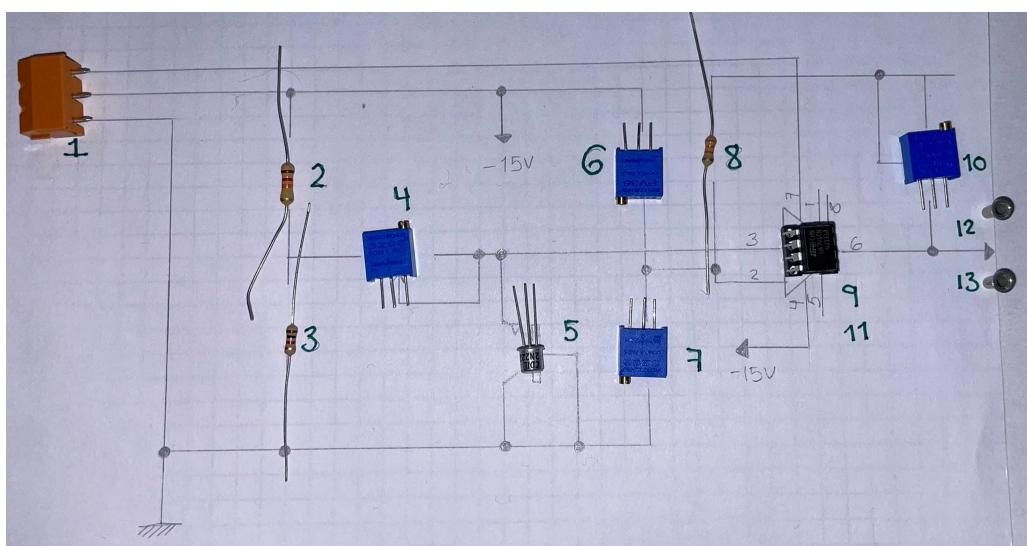
On remarque le chiffre 224 marqué sur la résistance. On a donc une résistance qui vaut 22×10^4 .

On vérifie avec l'ohmmètre :

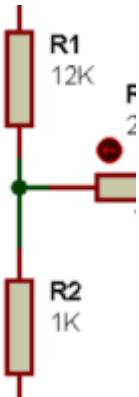


On distingue qu'elle est appelée RV1 dans le circuit. On n'a pas 220 KΩ exactement car ce sont des résistances variables, donc leur valeur peut être réglée.

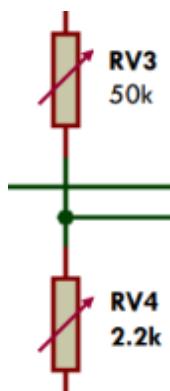
Après avoir déterminé la valeur de nos résistances, on place nos composants sur le circuit afin de repérer les composants plus facilement.



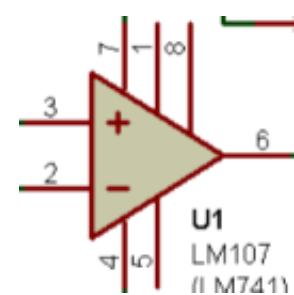
On analyse notre circuit et on remarque différents montages, on a le montage potentiométrique (1), le montage comparateur (2).



(1)



(1)



(2)

- Le montage potentiométrique (1) : Mesure de la tension aux bornes d'un capteur résistif dans un montage potentiométrique qui permet de disposer d'une tension variable.
- Le montage comparateur (2) : Un comparateur ou un comparateur de tension est un appareil utilisé pour comparer deux niveaux de tension. Nous pouvons déterminer quel niveau de tension est le plus élevé à partir de la sortie du comparateur. C'est une application d'amplis op typiques.

II. Réalisation tracé du Circuit Imprimé (TCI).

La première étape de réalisation de votre carte sera de réaliser le circuit sur un logiciel avant de pouvoir l'imprimer et la manipuler.

Pour notre projet nous ne disposerons pas de straps. Par conséquent nous avons réalisé notre circuit imprimé de la façon suivante :

Il faut veiller à ne pas faire d'angle droit avec les pistes, au risque de les voir se briser si le courant est trop important (énergie cinétique). Un angle de 45° est recommandé.

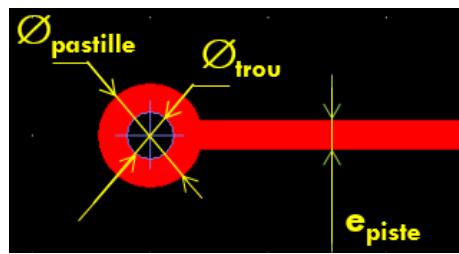
Pour la taille des pistes nous avons utilisé 0.32 mm. La taille doit rester constante.

Pour les trous 0.8 mm. Il faut faire attention à ce que la taille des trous soit plus grande que la taille des broches de nos composants, sinon ils ne passeront pas. Pour ça, on utilise le pied à coulisse.

Exemple d'erreur : Nous avons dû changer la taille des trous car notre composant a une taille plus grande que celle sélectionnée dans le logiciel.



Pour la taille de nos pastilles on utilisera la formule du cours qui est :

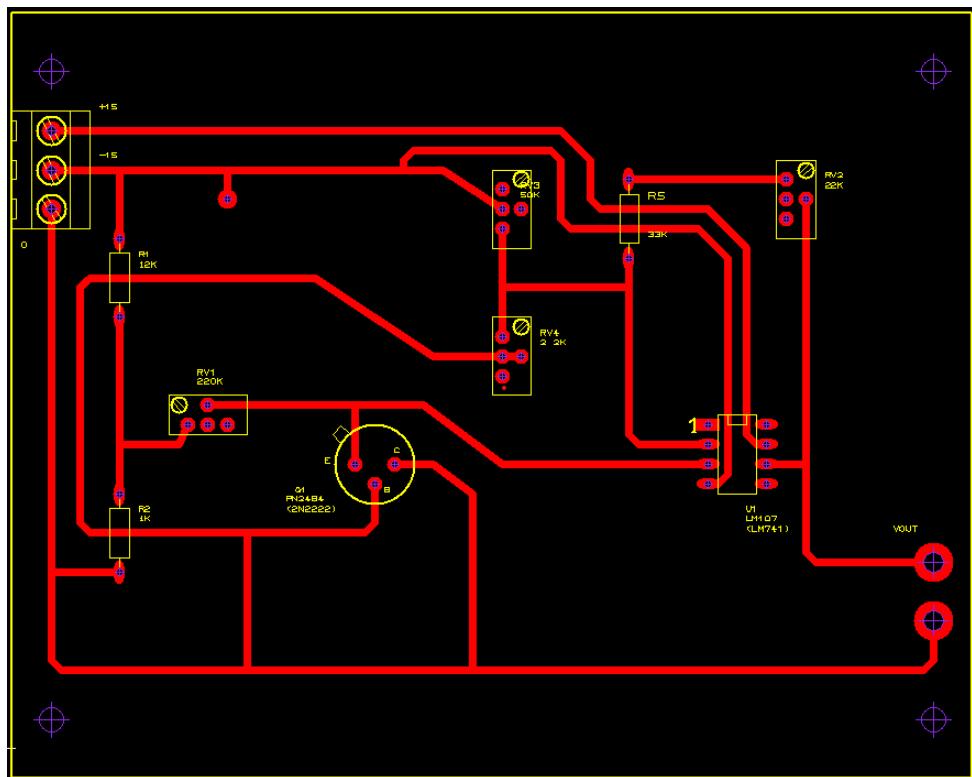


$$Taille_{Pastille} = Taille_{Trou} + 2 * Taille_{Piste}$$

Dans notre cas : $Taille_{Pastille} = 0.8 + 2 * 0.32 = 1.44 \text{ mm.}$

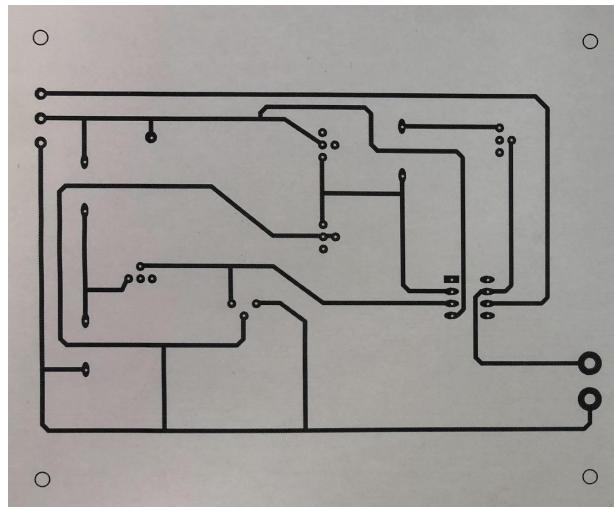
Le logiciel ne proposant pas 1.44 mm nous avons sélectionné 1.57 mm.

Voici notre carte après traçage sur le logiciel :



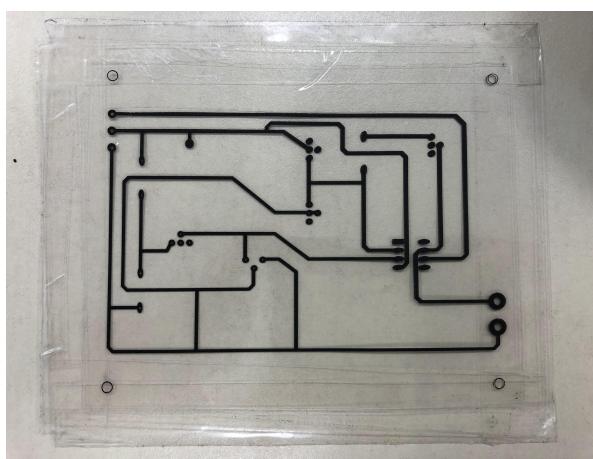
III. Impression du circuit imprimé.

Premièrement nous imprimerais sur feuille blanche afin d'effectuer un travail de vérification. Nous assurerons de la bonne disposition des composants ainsi que la taille des trous (C'est avec le travail de vérification que nous nous sommes aperçus de l'erreur expliquée plus haut.)



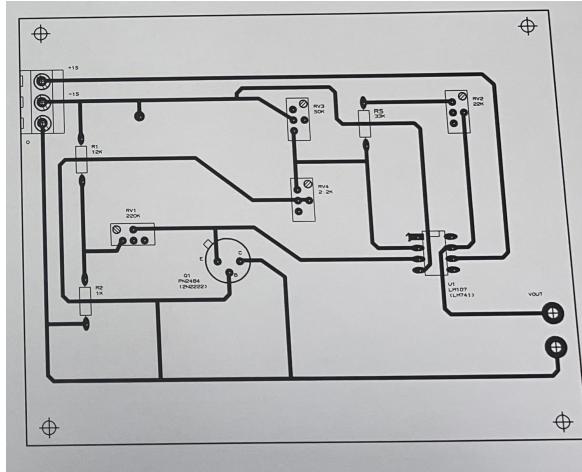
Une fois le travail de vérification sur feuille blanche nous pouvons imprimer sur typon.
Mais qu'est-ce qu'un typon ?

En électronique, le typon désigne le masque transparent sur lequel sont imprimées les pistes, dans une encre opaque aux ultraviolets, permettant de réaliser un circuit imprimé par photogravure soustractive. Le typon sert lors de l'insolation de la plaque pré-sensibilisée.



Ici le typon est superposé et scotché. On l'utilisera dans la suite du processus.

Attention ! Au moment de l'impression, sélectionnez les options pour ne pas imprimer les composants comme montré dans la photo suivante.



IV. Création du circuit imprimé.

La création du circuit imprimé se déroule en 5 étapes :

1) Plaque présensibilisée originelle.

On utilisera une plaque sur laquelle se trouvent un film protecteur, une résine présensibilisée aux UV, du cuivre et enfin de l'époxy. Durant la création du circuit, les différentes couches disparaîtront pour ne laisser que le circuit imprimé de notre typon que nous aurons pris soin de scotcher en miroir.

2) Insolation par irradiation UV.

Après avoir retiré le film protecteur, on place notre typon dans la machine à UV qui insolera la résine afin de fragiliser les parties non présentes sous l'encre opaque de notre typon.

3) La révélation.

Une fois la carte sortie de la machine à UV, on la place dans un bac contenant de la potasse tiède qui dissout la résine insolée. La résine protégée ne se dissoudra pas car elle n'a pas été attaquée par les UV. A la fin de la révélation, la résine est insensible aux UV.

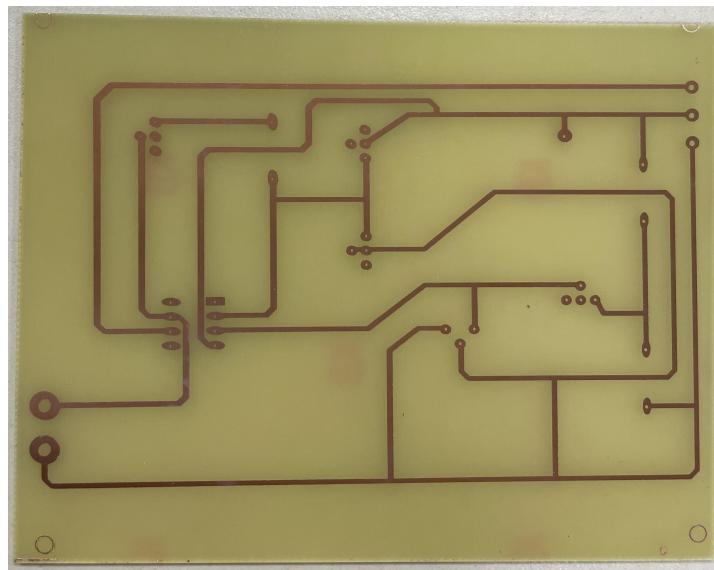
4) Gravure chimique.

On place la carte dans une boîte qui va projeter de la perchlorure de fer pour retirer la résine insolée lors de l'étape précédente. On laissera la carte une minute trente environ avant de la rincer à l'eau. Cette étape permet la mise en évidence des pistes et pastilles du circuit.

5) Nettoyage des pistes et pastilles.

Finalement on utilise de l'acétone pour retirer la résine restante qui révélera la couche de cuivre protégée par la résine. C'est cette couche qui forme notre circuit imprimé.

Voici notre carte :



V. Perçage du circuit imprimé.

Maintenant que notre circuit est imprimé nous pouvons le percer afin d'installer nos composants. On s'équipe d'une perceuse avec la tête rotative adaptée à la taille de nos trous et d'une paire de lunettes de protection.

Nous avons réalisé une vidéo tutoriel pour le perçage : https://youtu.be/2-_dsTwp68U

VI. Soudage des composants du circuit imprimé.

Une fois percé, on procède à la soudure des composants de notre carte électronique.

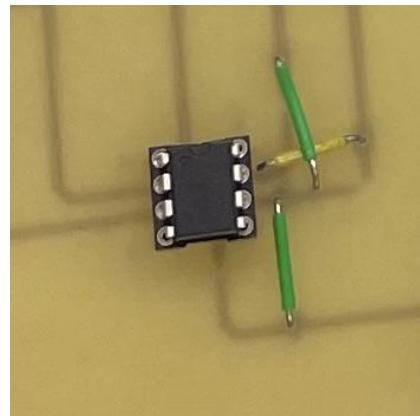
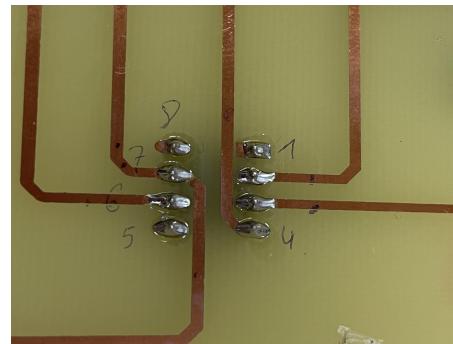
Nous avons réalisé une vidéo tutoriel pour le soudage : <https://youtu.be/LUYPR-haL3o>

VII. Validation de la carte.

L'étape suivante c'est le test de notre carte, pour le réaliser, on a besoin d'une alimentation de 15 V. On branche les bornes avec ces correspondants, c'est-à-dire, positif avec positif, négatif avec négatif et masse avec la masse.

Au moment de tester notre carte, nous avons vu que le circuit logique se réchauffait, ce qui n'est pas normal, donc on a cherché le problème... On s'est rendu compte qu'on a inversé le sens de numération du circuit logique. Nous avons inversé la patte 6 et 7.

Pour résoudre le problème on avait deux options, soit on faisait la carte du début, soit on coupait les pistes et on mettait du fil pour connecter les pistes. Nous avons choisi la deuxième option. On a coupé les pistes à l'aide d'une lime plate, on a percé les trous et on a soudé les fils.



On a testé encore une fois et notre circuit a marché sans se réchauffer. Tout d'abord on a réglé RV1 pour avoir 0V sur Vout à 0°C. Après on a réglé RV2 pour avoir une pente de 100 mV/°C.

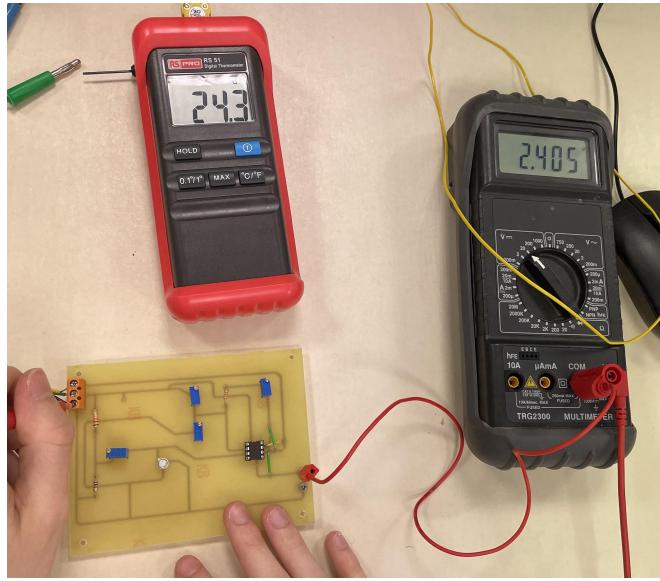
C'est à dire : 100 mV/°C

0 V à 0°C

2.5V à 25°C

4.5V à 45°C

On sait que la pièce où on a fait le test est à 24.3°C (d'après le thermomètre rouge), on fait une règle de 3 et on voit que pour 24°C on doit avoir une tension égale à 2.4 V.



VIII. Conclusion.

Ce projet nous a permis d'apprendre à fabriquer une carte électronique dans sa globalité. Tout d'abord, nous nous sommes intéressés aux composants, découvrir leurs fonctions et caractéristiques. Puis, au logiciel TCI ; nous pensons que TCI est un logiciel facile à utiliser donc très abordable pour les débutants. Cependant parfois nous ne sachions pas où placer les composants pour le design de la carte, nous nous sommes confrontés à de nombreux problèmes à ce stade qui nous ont demandé réflexion et organisation. Nous étions très impatients au moment de la création physique de la carte puisque c'était un processus que nous n'avions encore jamais réalisé (le soudage et le perçage compris).

Bibliographie

- <https://www.techniques-ingieur.fr/glossaire/composant-actif#:~:text=Citons%20comme%20composants%20passifs%20les,%C3%A9lectroniques%2C%20constitue%20un%20circuit%20int%C3%A9gr%C3%A9.>