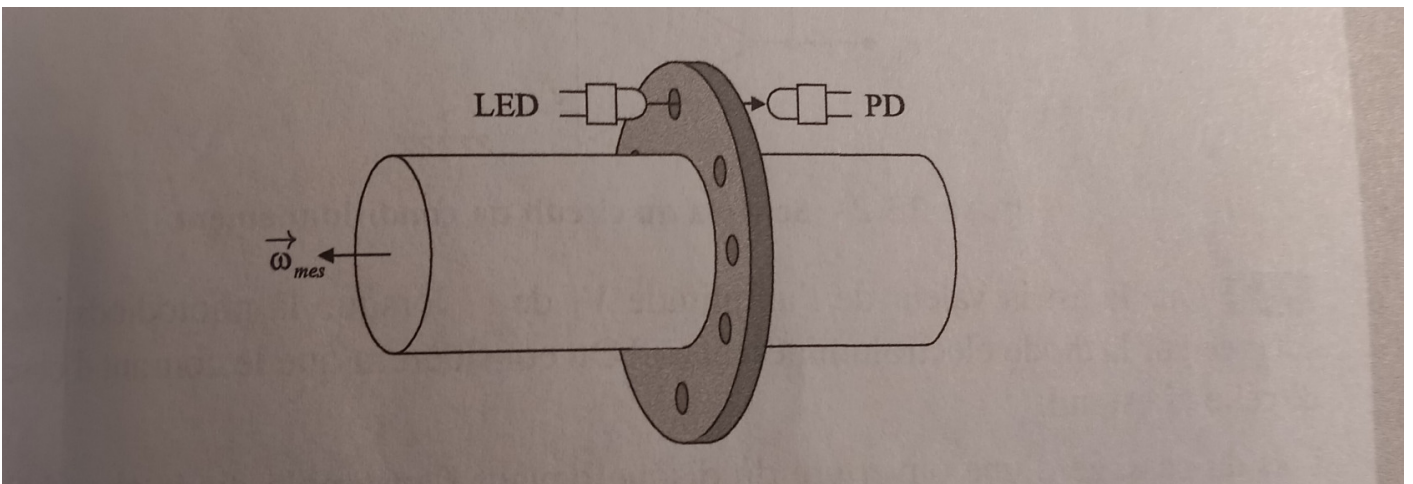


# Ultimate Tachymètre

## Conception d'un Ultimate Tachymètre (voir figure-1)



**Figure-1**

Dans un livre intitulé "Les Capteurs" de Pascal Dassonville , j'ai découvert un instrument de mesure , le tachymètre optique, c'est un appareil de mesure de la vitesse angulaire d'un disque solitaire à un arbre moteur qui utilise une diode électroluminescente infrarouge avec une photodiode de réception infrarouge et tout un circuit électronique en aval que je vais tenter (et y arriver) de réaliser en m'inspirant du schéma du circuit de conditionnement donnée dans le livre auquel je vais apporter plein de modifications, d'ajoute et d'amélioration afin que mon Tachymètre soit un Ultimate ( c'est-à-dire le meilleur ).

Voici le schéma du simple ("simple" car je vais en faire un circuit de compétition) circuit du Tachymètre optique que propose le livre :

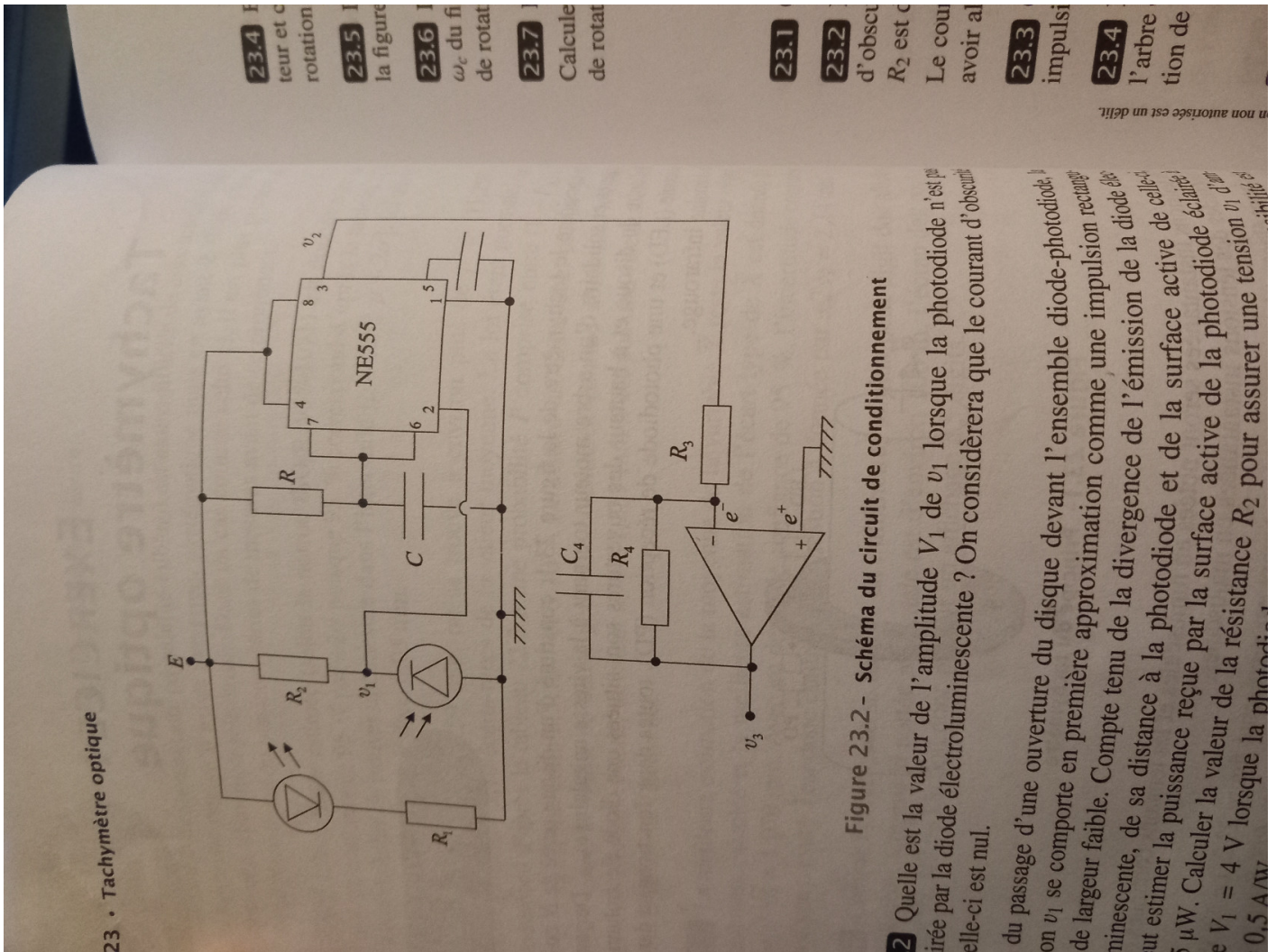


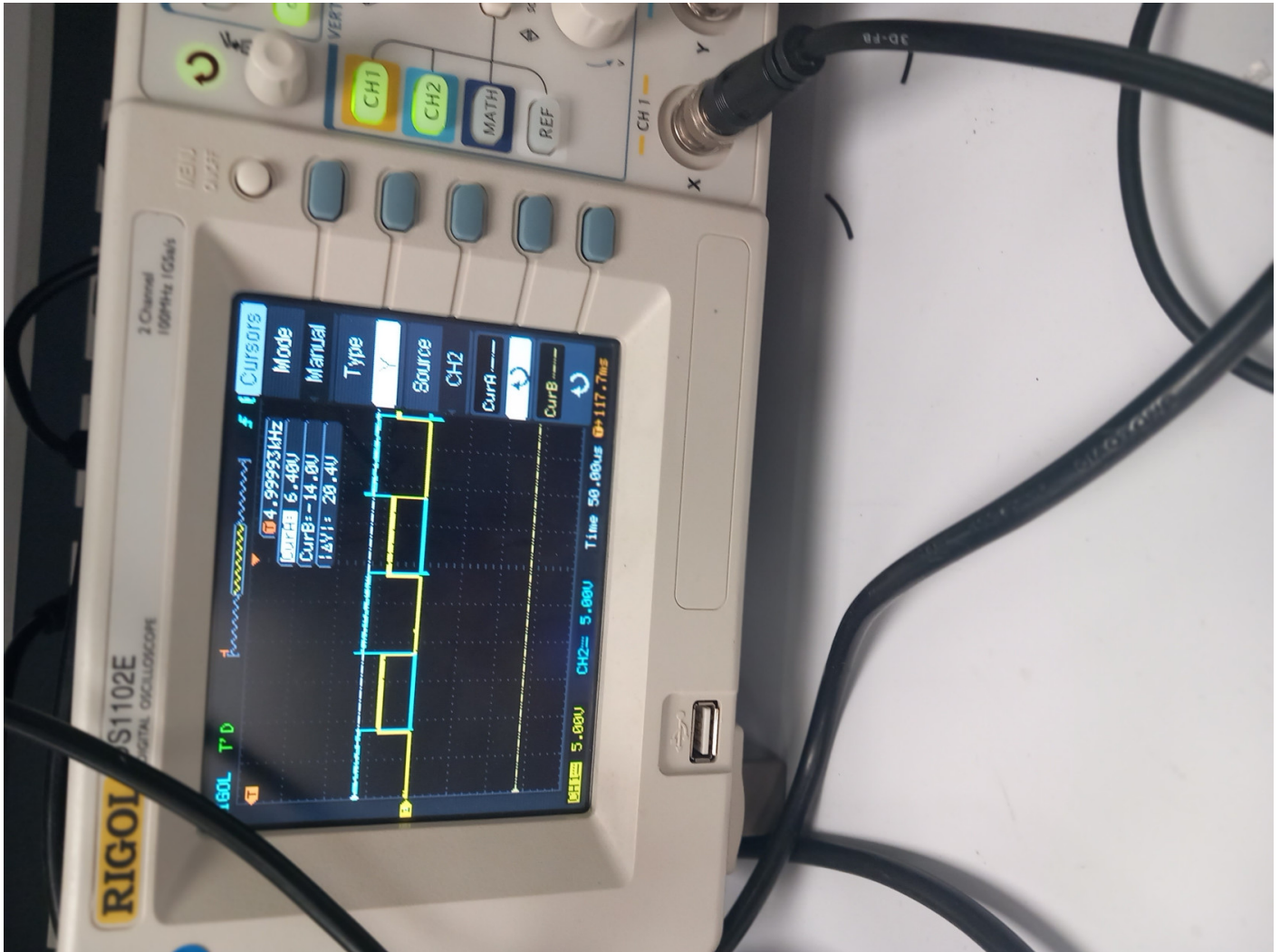
Figure-2

Pour vous épargner une torture mentale je vais vous expliquer le fonctionnement avec des mots :

- 1- Tout d'abord avec une LED infrarouge (IR) qui émet en permanence (dès lors que le circuit est alimenté) des rayons infrarouges invisibles à l'œil nu (petite astuce : la caméra des téléphones peut voir ces rayons infrarouges);
- 2- Une photodiode IR est ensuite placée juste en face de la LED IR.
- 3- Lors du passage d'une ouverture du disque devant l'ensemble diode-photodiode (figure 1), la photodiode reçoit les rayons infrarouges émis par la LED IR et alors la tension  $v_1$  (voir le schéma de la figure 2) à ses bornes chute pendant ce bref instant.
- 4- Cette brève chute de tension est alors détectée sur la broche 2 du générateur d'impulsion (ou timer) NE555 (n'hésitez pas à appuyer sur la figure 2 pour l'agrandir et mieux voir) qui va dès lors s'activer.
- 5- Lorsque le NE555 s'active, il émet un échelon de tension égale à  $E$  (la tension positive d'alimentation) pendant une durée  $T = 1.1 * R * C$  ( $R$  et  $C$  sont des composants du circuit reliés au générateur d'impulsion NE555) avant de retomber à  $0\text{V}$ .

6- Ce processus décrit précédemment se répète à chaque fois qu'une ouverture du disque (voir figure-1) passe devant l'ensemble diode-photodiode. On comprend alors que pour un disque qui tourne continuellement, la sortie du générateur d'impulsion NE555 sera un signal carré comme on peut le voir sur la figure-3 avec le signal bleue :

À chaque fois, lorsque le signal d'entrée du NE555 (en jaune sur l'oscilloscope) chute (passe à 0V) ---> le signal de sortie du NE555 (en bleue sur l'oscilloscope) passe à l'état haut pendant une durée T.



**Figure-3**

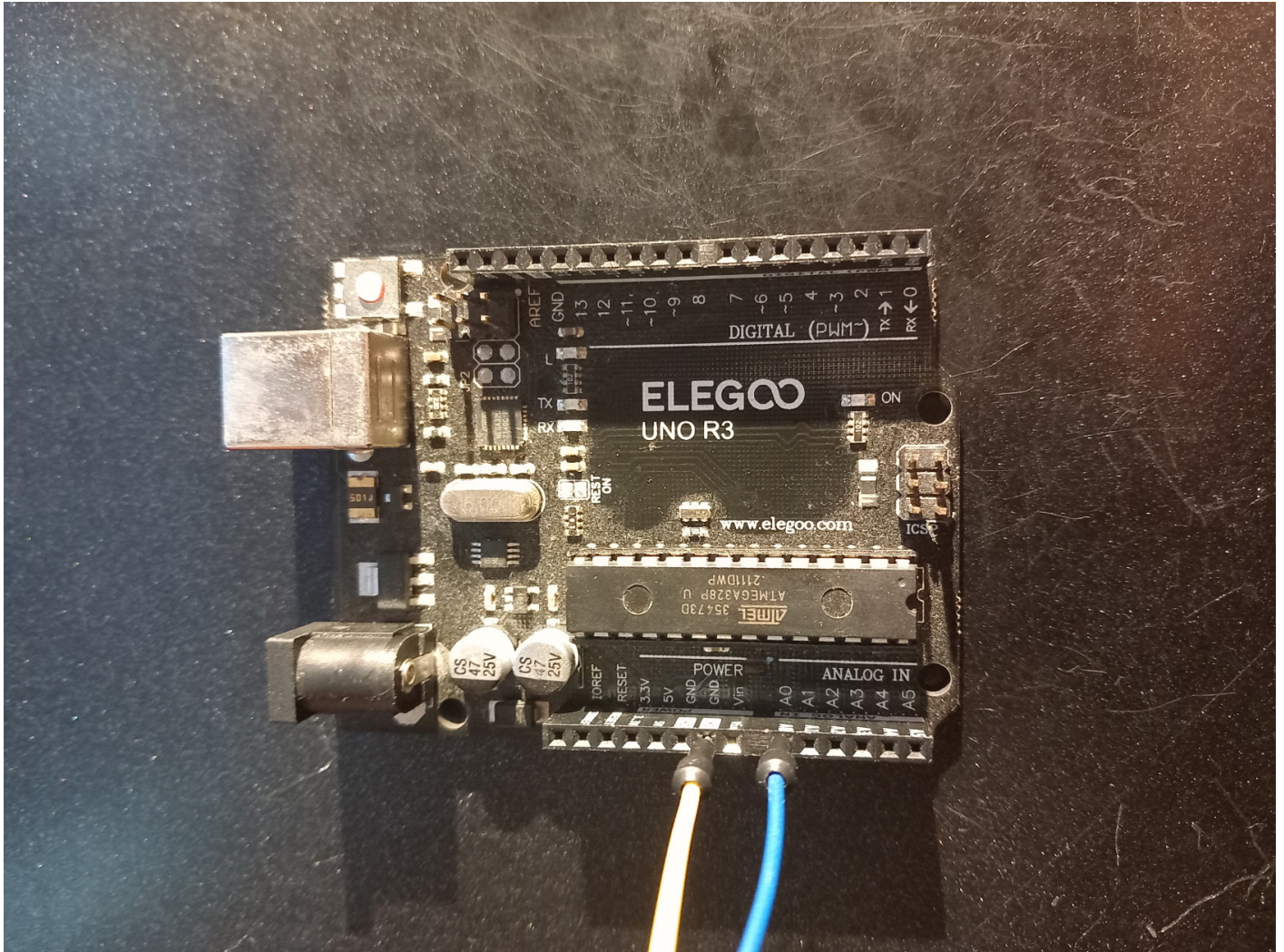
7- La deuxième et dernière partie du circuit avec le grand triangle (l'AOP pour les aguerris) sur la figure-1 fait deux chose :

- Elle fait d'abord filtre passe-bas avec une fréquence de coupure extrêmement basse (0.8 Hz pour ne pas dire) ce que permet de ne garder que la composant continu du signal carré ( c'est-à-dire sa valeur moyenne ).
- Ensuite elle faite amplificateur avec un gain =  $R4/R3 = 2$  , "2" car la valeur moyenne maximale du signal carré que peut générer le NE555 ici est de  $E/2$  (avec E la tension positive d'alimentation), donc pour pouvoir avoir une tension finale égale à la tension positive d'alimentation E, on multiplie  $E/2$  par 2 (ps: on veut maximale la valeur de la

tension de sortie finale car cela augmente la sensibilité du capteur)

Une fois arrivé à là dans le circuit on a une relation mathématique qui lie la vitesse de rotation qu'on cherche à mesurer à la tension de sortie du circuit.

**Utilisation d'un Arduino pour afficher le nombre de RPM( Rotation Par Minute) en fonction de la tension de sortie du circuit analogique :**



**Figure-4**

Pour ce faire, la sortie de notre circuit analogique doit être branché à une des entrées analogique de la carte Arduino ( figure-4 ), pour rappel les entrées analogique de la carte arduino ne supporte pas plus de 5V.

```
projet_Tachymetre_optique.ino
1 void setup() {
2   Serial.begin(9600);
3 }
4
5 void loop() {
6   float T = 0.00001;
7   int E = 5;
8   int ValeurAnalog = analogRead(A1);
9   float tension = (float)(ValeurAnalog*5)/1023;
10  float N = (float)(30*tension)/(T*E);
11
12  Serial.print("Vitesse de rotation(en RPM):");
13  Serial.println(N);
14  delay(1000);
15
16
17 }
18
```

Figure-5

Ensuite dans un code (figure-5) j'ai donné à arduino la formule nécessaire pour qu'il calcule et affiche en temps réel la vitesse de rotation (en RPM) mesurer.

## 1er Essaie de conception :

D'abord, il est important de savoir qu'il existe un réel faussé entre la théorie et la pratique, et même si j'ai étudié la théorie du circuit et fait tout plein de calculs avant de me lancer à sa réalisation pratique, je n'y est pas échapper.

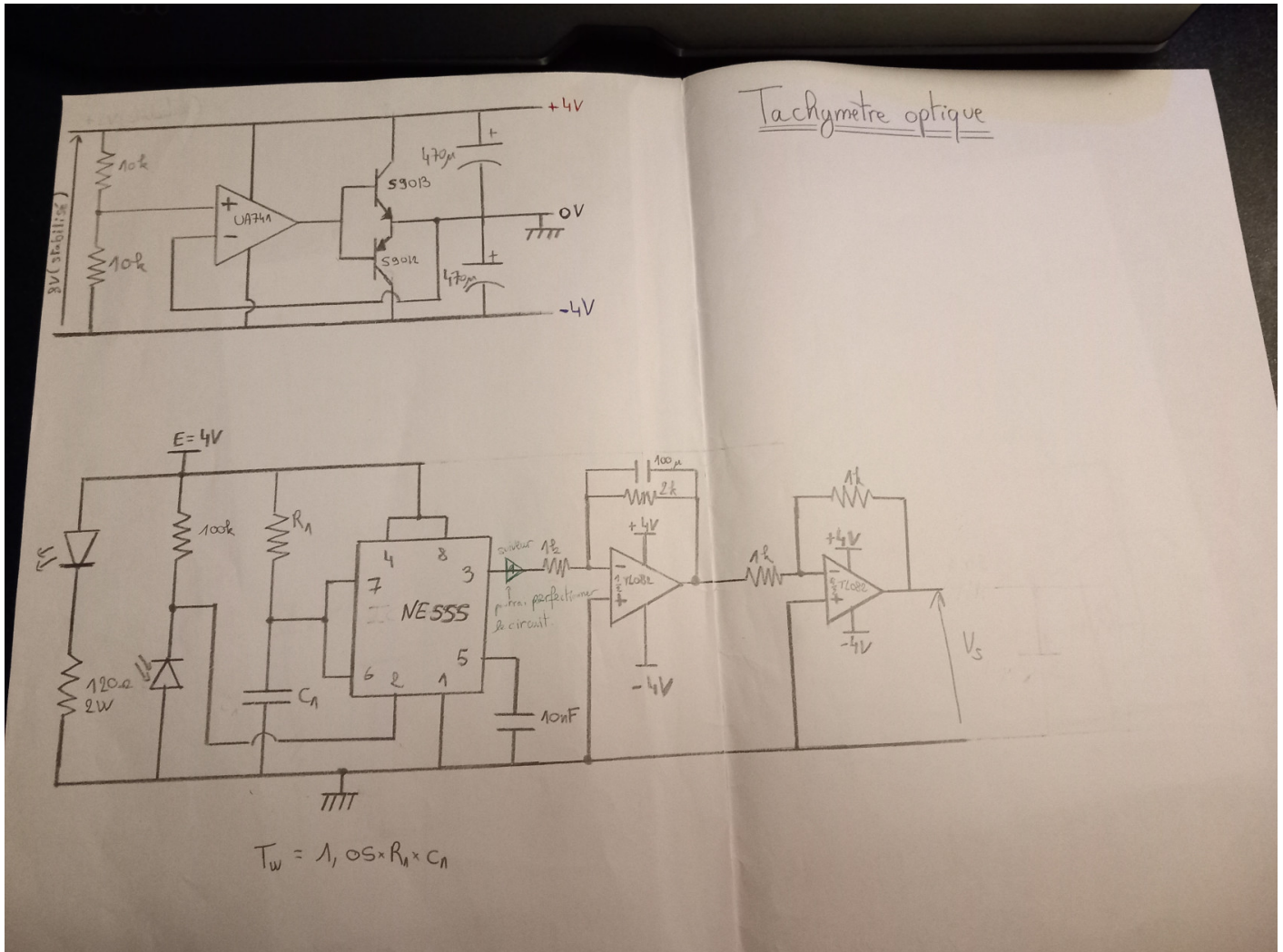
En effet, il y a en réalité de nombreux problèmes à relever ( spoiler alerte: je vais trouver une solution à chacun d'entre eux) pour faire fonctionner ce circuit :

1- Les plus aguerris auront remarqué que dans la circuit de base (figure-2) c'est un Amplificateur de type inverseur exactement qui est utilisé. **Problème** : à cause de l'inversion, la tension de sortie sera négative alors que l'arduino qui doit la lire ne peut supporter que des tensions entre 0V et 5V. **Solution**: rajouter un amplificateur inverseur avec un gain de 1 en cascade.

2- À cause de cette précédente inversion intermédiaire du signal qui le fera passer dans les tensions négatives **Problème** : il faut pouvoir alimenter le circuit avec une tension négative, or je

tiens à ce que mon circuit puisse fonctionner avec uniquement une seule pile 9V [ **Solution** : créer un sous-circuit dit "séparateur de rail "( en haut à gauche sur la figure-6) pour transformer les 9V d'une pile en -4.5V - +4.5V. L'inconvénient reste que l'amplitude du signal de sortie ne pourra pas dépasser +4.5 grand max, alors que l'Arduino peut supporter jusqu'à 5V, et on a intérêt à avoir le signal de sortie le plus ample possible pour avoir une meilleure sensibilité du capteur.

Ceci étant dit voici le premier schéma du Tachymètre que j'ai dessiné et que j'ai testé ensuite :



**Figure-6**

J'ai testé ce schéma et il a rencontré plusieurs soucis notamment dû à l'imperfection des circuits intégrés utilisés. Aussi son temps de réponse en sortie était trop lent : lorsque le signal d'entrée changais, le signal de sortie mettait une plomb (1-2min ) pour se changer lui aussi en conséquences.

Ajouter à cela le fait que j'étais obligé d'utiliser une tension négative dans mon circuit just pour réaliser une étape intermédiaire indispensable ce qui reste assez embarrassant .

Bref.....

Après mille et un essai, des semaines à travailler dessus, et plein de recherche et de travail, j'ai redessiné un nouveau schéma, plus complexe, qui surmonte chacun de ces problèmes :

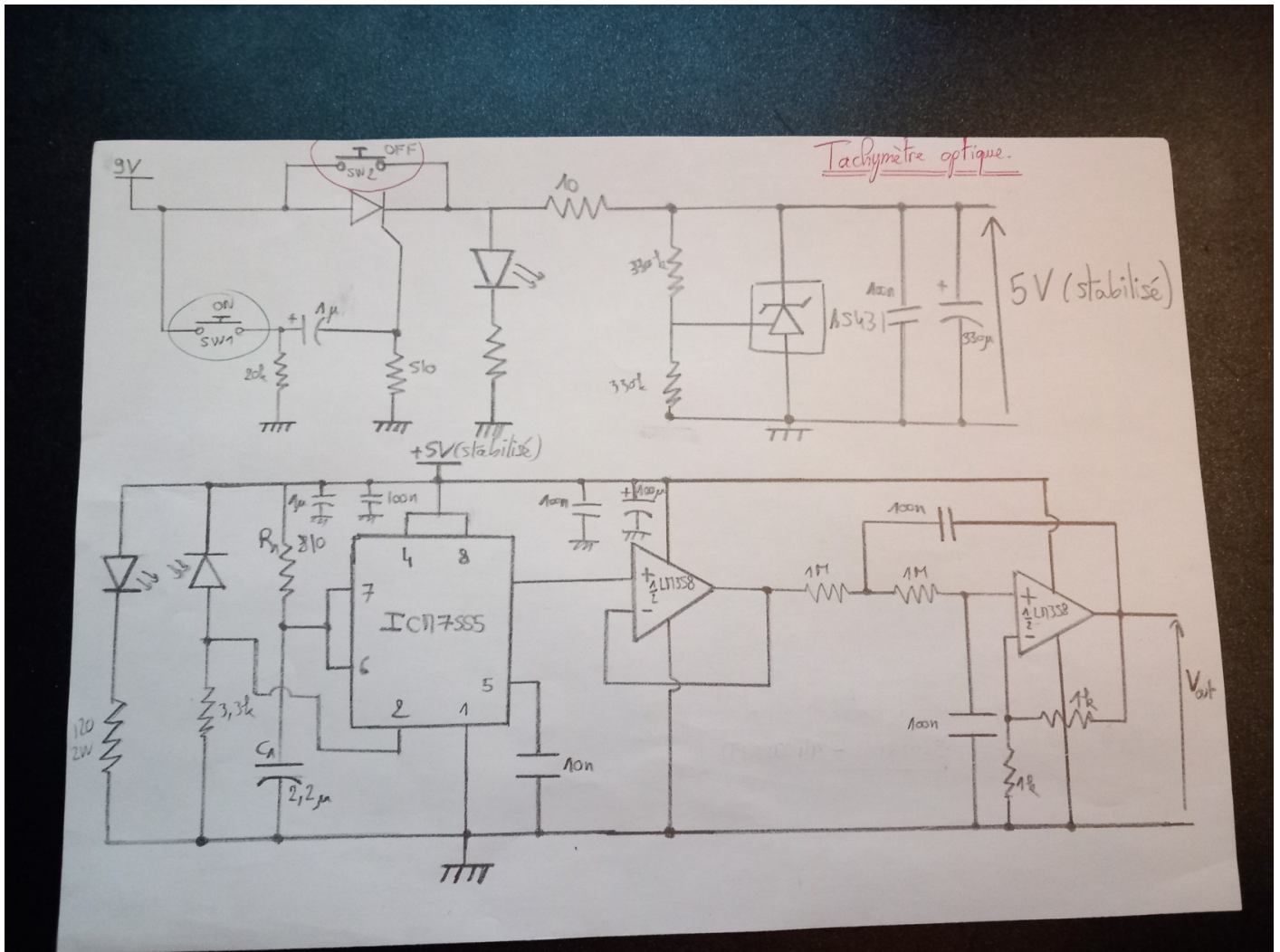


Figure-7

Sans rentrer trop dans les détails, le schéma de la figure-7, qui représente pour moi des heures et des heures de travail et d'acharnement, montre que :

J'ai remplacé le timer NE555 par une version amélioré et plus performante, qui utilise pour cela la technologie CMOS, j'ai nommé l'incroyable ICM7555. Son brochage reste identique à celui de NE555 donc rien ne change dans les brochements du timer.

J'ai aussi remplacé le filtre d'ordre 1 que j'utilisais dans le circuit précédent par un filtre d'ordre 2 actif, grâce à la légendaire Structure de Sallen et Key : ça a permis d'annihiler le temps de réponse qui était précédemment interminable□□.

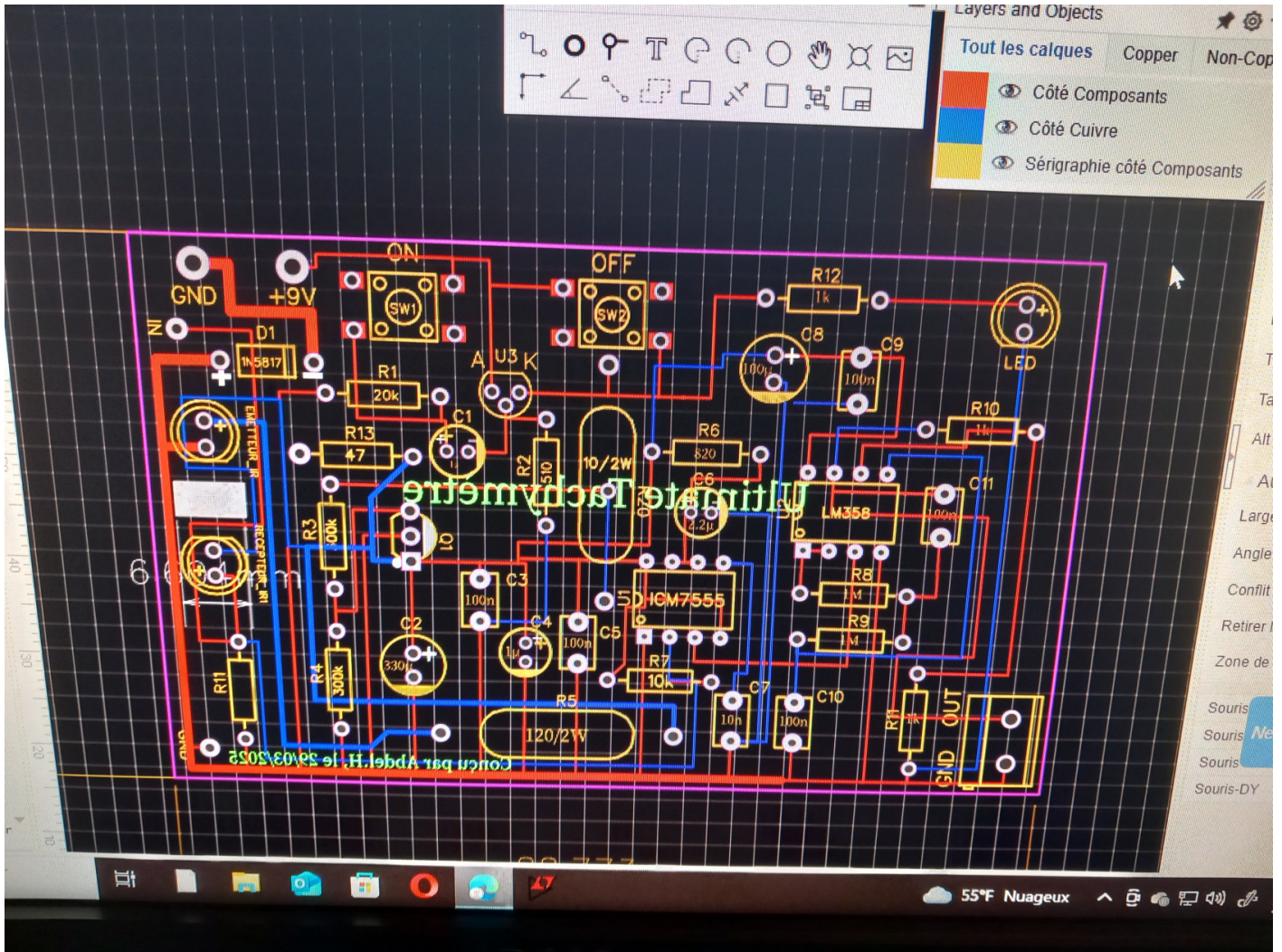
J'ai aussi rajouté un stabilisateur Haut précision basé sur une bonne vieille diode Zener "programmable" AS431 que j'ai récupéré dans une alimentation à découpage d'un vieux PC.

J'ai aussi inversé le branchement de la diode Réceptrice IR en série avec sa résistance de telle sorte que maintenant il ne soit plus nécessaire de trouver la pièce (rappelez vous sur la Figure-1, il y

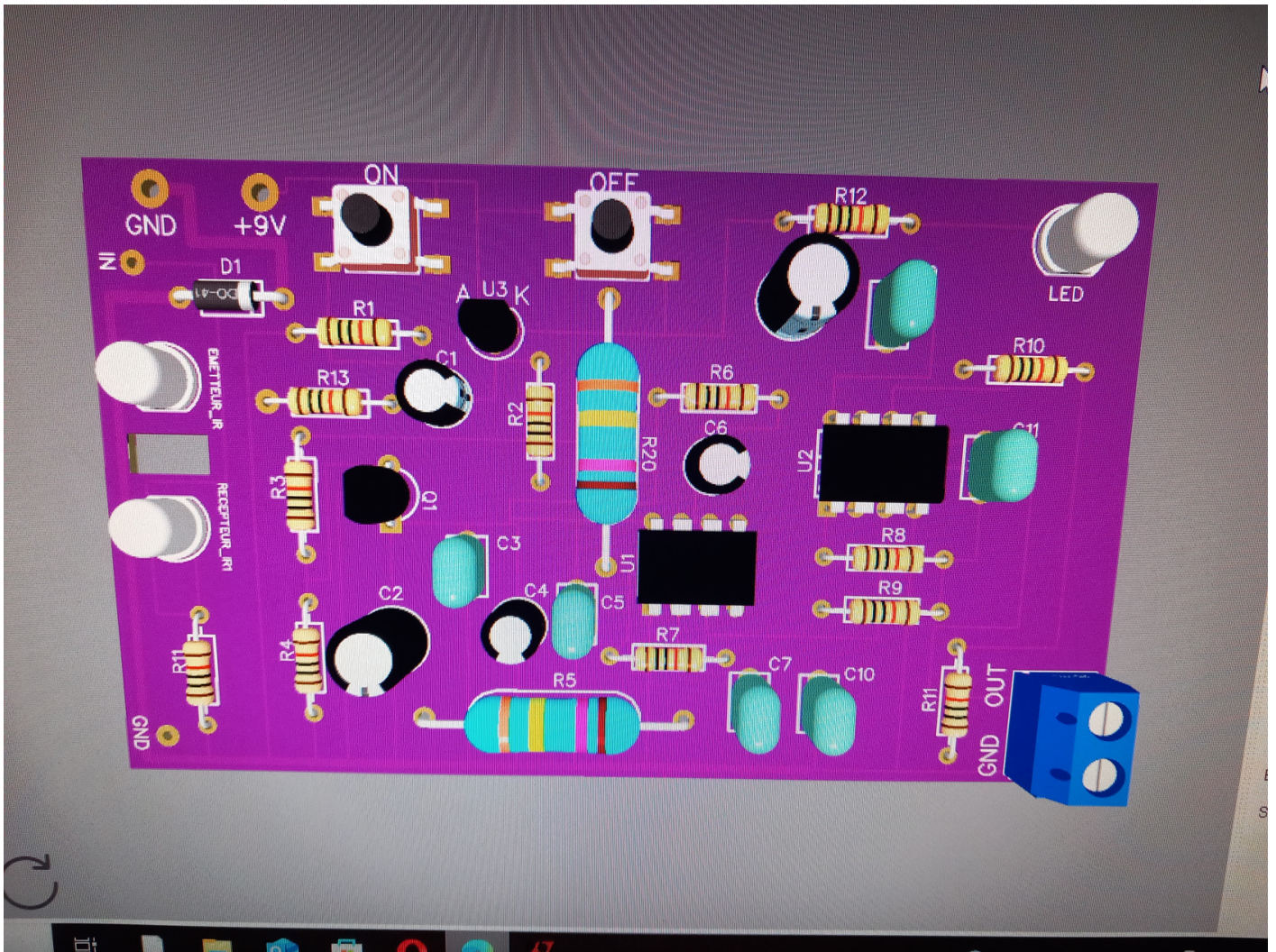
avait des trous sur le disque ) dont on veut mesurer la vitesse de rotation : il suffit de placer le tachymètre en face seulement.

J'ai testé le nouveau montage et il donne de bonne mesure avec une bonne précision tant que la vitesse de rotation à mesurer est dans la gamme de 3600 RPM (Rotations Par Minutes) à 14 000 RPM ce qui est assez suffisant par exemple pour mesurer la vitesse de rotation de n'importe qu'elles scies, même les plus performante du marché.

Aujourd'hui on est le 29/03/2025 et j'ai terminé de faire le routage du PCB comme on peut le voir ci-dessous :

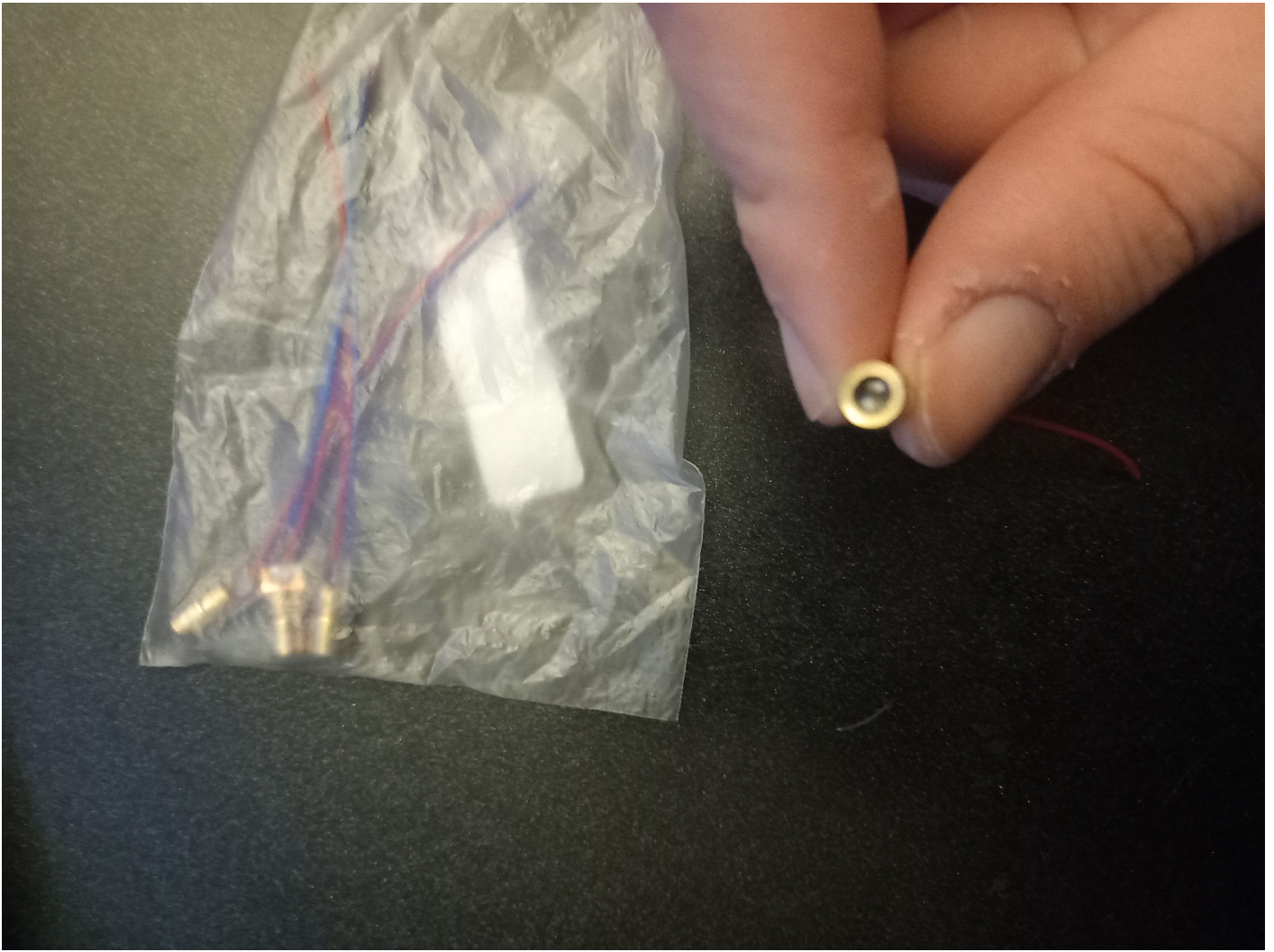


Puis une petite vue 3D avant d'envoyer tout ça à la production, ensuite dodo et à dans 11-14 jours le temps que ca arrive.



Le 3 avril 2025 :

J'ai reçu les mini pointeurs laser que émettent des rayons laser d'une longueur de 650nm, autrement dit du rouge. Je vais en mettre un entre l'émetteur IR et le Recepteur IR ( qui sont à gauche du PCB comme on peut le voir sur la photo du PCB juste au dessus ) au niveau du trou rectangulaire prévu pour le mini laser qui va permettre de viser avec précision la zone où on voudra effectuer la mesure avec le Tachymètre.



Fait par Abdelhafidh Haloui / L1 en CMI ELEC / 07.69.43.57.65

---

Revision #1

Created 1 December 2025 14:10:54 by Benard Emilie

Updated 1 December 2025 14:10:56 by Benard Emilie