


# TFC-2026\_Fleuve Limule

- [Présentation du projet](#)
- [Bill of Materials](#)
- [Étapes](#)
  - [Liste des outils et préparation de l'espace de travail](#)
  - [Étape 1 : ....](#)
  - [Étape 2 : ....](#)
  - [Étape 3 : ...](#)
- [Journal de bord](#)
- [Galerie de photos](#)
- [Fichiers sources et références](#)
- [Ultimate Tachymètre](#)

# Présentation du projet

## Informations

- Hiruni Kalutharage Fernando, Elsa Collado, Emilie Bénard
- [hiruni.kalutharage\\_fernando@etu.sorbonne-universite.fr](mailto:hiruni.kalutharage_fernando@etu.sorbonne-universite.fr) / [elsa.collado@etu.sorbonne-universite.fr](mailto:elsa.collado@etu.sorbonne-universite.fr) / [emilie.benard@etu.sorbonne-universite.fr](mailto:emilie.benard@etu.sorbonne-universite.fr)
- 1ère année de Master chimie
- 01/09/25 au 21/03/26

## Contexte

Dans le cadre du Tournoi des Chimistes Français 2026, nous devons essayer de mettre en place un processus de dépollution de l'eau par une voie de gélification (comme le sang de la limule qui coagulent au contact d'une toxine).

## Objectifs

Afin de répondre au mieux au sujet, nous nous sommes concentré sur les bio-polymères afin d'essayer de capturer les polluants. Nous sommes actuellement en train de chercher un processus en deux voies : un qui permettrait de capter le polluant puis qui provoquerait un processus de gélification.

Nous avons dans un premier temps focus nos travaux sur le chitosane et l'alginate, deux polymères déjà utilisés pour la dépollution des eaux afin de voir si nous pourrions les adapter à notre projet.

# Bill of Materials

Nom de l'élément	Description, dimensions	Référence	Lien	Prix unitaire	Quantité	Notes

# Étapes

Étapes à suivre pour refaire le projet (conception, construction, réalisation, manipulation...)

Étapes

# Liste des outils et préparation de l'espace de travail

Rassembler les outils suivants :

- outil A
- outil B diamètre bêta
- outils C

On utilisera les machines suivantes :

- machine M avec l'accessoire N
- facultatif : machine Z pour les finitions

Étapes

Étape 1 : ....

Étapes

Étape 2 : ....

Étapes

# Étape 3 : ...

# Journal de bord

*Avancée chronologique du projet, difficultés rencontrées, modifications et adaptations*

12/11/2026

20/11/2026

EXPÉRIENCE N°1 : MESURE DE L'ABSORPTION DU NITRATE DANS UNE SOLUTION DE CHITOSANE

*Objectif :*

- Mesurer la conductimétrie d'une solution de nitrate en présence de chitosane afin de quantifier l'absorption du nitrate par le chitosane.
- Mesurer la conductimétrie d'une solution de nitrate en présence de bille de chitosane afin de quantifier l'absorption du nitrate par le chitosane.

MATERIELS :

- Conductimètre
- Balance
  
- Flacons en verre (50ml)
- Chitosane en poudre
- Nitrate de sodium en poudre
- Solution HCl 1M
- Solution NaOH 1M
- 

PROTOCOLE :

A) Préparation des solutions :

Préparation de la solution de nitrate de sodium, 1M :

- Dans un flacon ajout de : 8,5 g de nitrate de sodium dans 100 ml d'eau distillé

Solution de nitrate de sodium à 0,5 M :

- Dans un flacon ajout de : 25 ml de la solution de nitrate de sodium (1M) et 25 ml d'eau distillée

Solution de nitrate de sodium à 0,05 M :

- Dans un flacon ajout de : 5 ml de la solution de nitrate de sodium (1M) et 45 ml d'eau distillée

Solution de chitosane 20 g.L :

- Dans un flacon ajout de 2g de chitosane
- Disperser la poudre avec 3 mL d'eau
- Ajout de 2-3 mL d'acide chlorhydrique à 1M

pH = 2, la poudre doit être dissoute

- Compléter la solution avec 100 mL d'eau
- Laisser la solution en repos pendant 2 jours.

Bille de chitosane :

- Dans un flacon ajout de : 50 mL de solution de NaOH à 1M, ajouter goutte à goutte la solution de chitosane
- Après 5 min laver les billes de chitosane avec de l'eau (3, 4 fois)
- Les laisser dans l'eau

B) Mesure de la conductimétrie des solutions initiales à l'air libre pour avoir un blanc

2. Calibrer le conductimètre

3. (Blanc) Suivre la conductimétrie d'une solution de nitrate de 0,5 et 0,05 M. Prendre les valeurs à 1 min, 2 min, 4 min, 6 min, 10 min, 20 min.

4. (Blanc) Mesure conductimétrie en f(t) billes de chitosane. Prendre les valeurs à 1 min, 2 min, 4 min, 6 min, 10 min, 20 min.

5. (Blanc) Mesure conductimétrie en f(t) du chitosane. Prendre les valeurs à 1 min, 2 min, 4 min, 6 min, 10 min, 20 min.

C) Mesure de la conductimétrie des mélanges

1. Dans un flacon : ajout de 1 ml de chitosane dans 10 ml d'une solution de nitrate à 0,5 puis 0,05 M

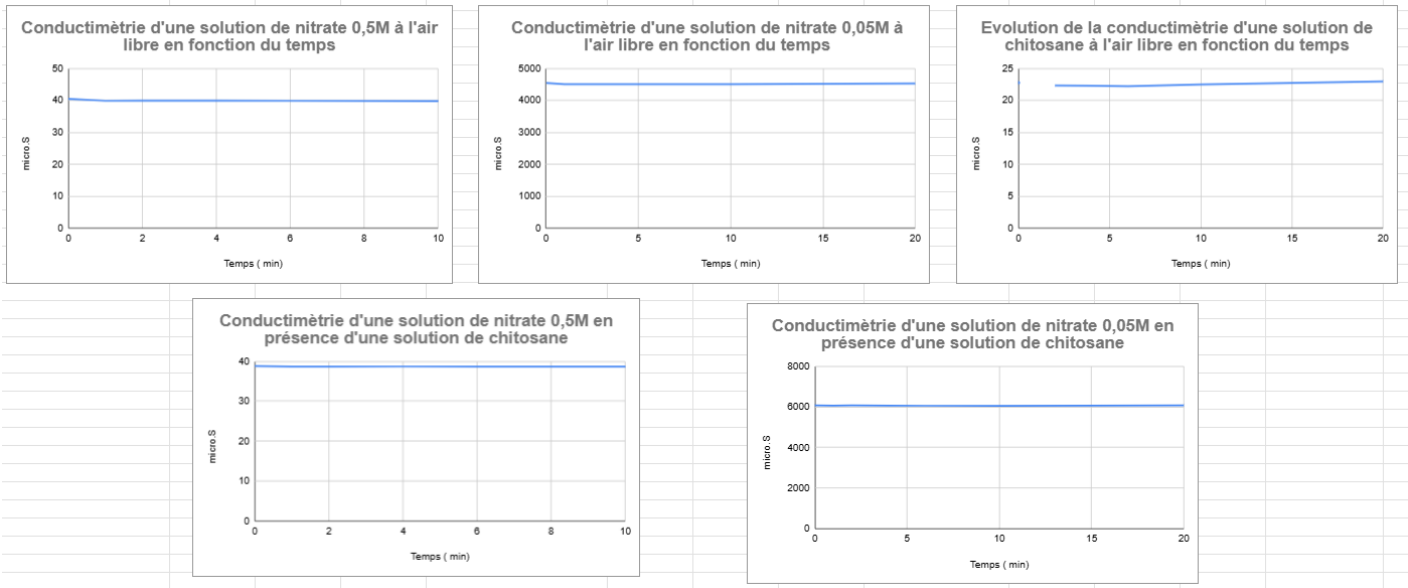
2. Mesure conductimétrie en f(t) chitosane + nitrate à 0.5 et 0.05M. Prendre les valeurs à 1 min, 2 min, 4 min, 6 min, 10 min, 20 min.

3. Dans un flacon : ajout de 10 mL d'une solution de nitrate à 0,5 et 0,05 M dans la solution de bille de chitosane.

4. Mesure conductimétrie en f(t) billes de chitosane + nitrate à 0.5 et 0.05M. Prendre les valeurs à 1 min, 2 min, 4 min, 6 min, 10 min, 20 min.

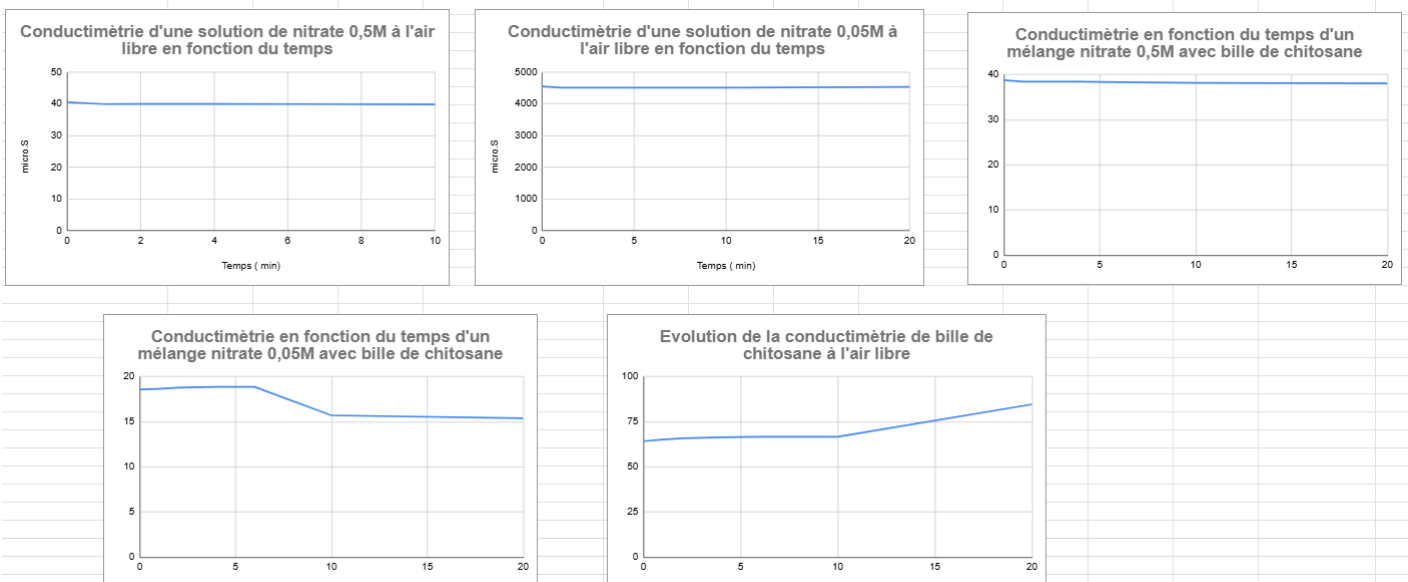
RESULTATS :

Solution chitosane + nitrate :



- Nos solutions ont été exposées à l'air libre avant la mesure de la conductivité ce qui explique leur linéarité. Pas d'observation d'augmentation significative de conductivité, l'hypothèse de la dissolution du CO<sub>2</sub> semble être écartée.
- Au vu des courbes, il ne semble pas y avoir d'absorption du nitrate par le chitosane. En effet, la conductivité du blanc (40 microS) et celle du nitrate 0,5 en présence de chitosane (40microS).
- Pour la solution de nitrate à 0,05, il y a une augmentation de la conductivité entre le blanc et en présence de nitrate : 4500 microS → 6000 microS. On cherche une diminution de la conductivité...

Bille chitosane + Nitrate :



- Les résultats sont un peu plus satisfaisants concernant les billes de chitosane.

- En effet, pour la solution de nitrate à 0,05M, il y a une chute de la conductimétrie vers 10min. (18 microS vers 15 microS)
- Cependant l'effet n'est pas observé pour la solution du nitrate à 0,5 M ce qui est étonnant car elle est plus concentrée en nitrate donc il devrait y avoir plus d'absorption. Cela est peut être dû au fait que nous n'avons mis que 5 mL de nitrate au lieu de 10mL...
- L'augmentation de la conductimétrie des billes de chitosane est peut être dû à la captation du CO<sub>2</sub> ou au relargage des ions Na<sup>+</sup> et OH<sup>-</sup> utilisés pour la fabrication des billes.

Comprend pas trop pourquoi ça n'a pas absorbé .... Pas de baisse significative de la conductimétrie.

La solution de chitosane ne semble pas absorber spontanément le nitrate comme nous l'espérons. Cependant, le chitosane sous forme de bille semble prometteur

Lors de l'étalonnage : étalonnage avec une solution de conductimétrie 1420 microS/cm. On a pas de valeur à 1420...

Or pas de la même manière que pour exp 0 (avec trois solutions d'étalonnage.)

Mais si problème sur ça, ne changera pas les valeurs de variations d'absorption ou autre.

**18/04/2022**

Maecenas interdum turpis sit amet rutrum elementum. Aenean eget accumsan ligula. Phasellus et scelerisque lectus. Cras vel venenatis nulla. Integer tristique non diam et molestie. Pellentesque condimentum enim arcu, in commodo nunc commodo vel. Integer vitae neque facilisis, mattis elit sit amet, gravida turpis. Maecenas lectus mauris, fringilla ut lectus eu, condimentum finibus tortor □

# Galerie de photos

# Fichiers sources et références

Fichiers sources (svg, stl, gcode...) : à joindre au livre via le menu latéral

Les aperçus sous forme de captures d'écran sont bienvenus !

# Ultimate Tachymètre

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

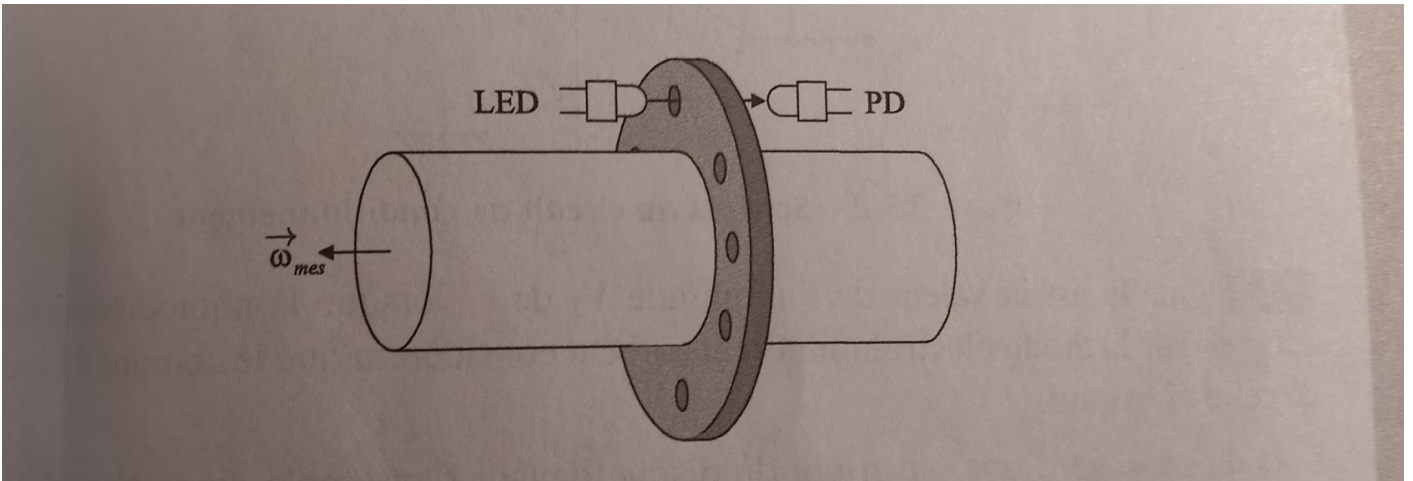


Figure-1

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 :

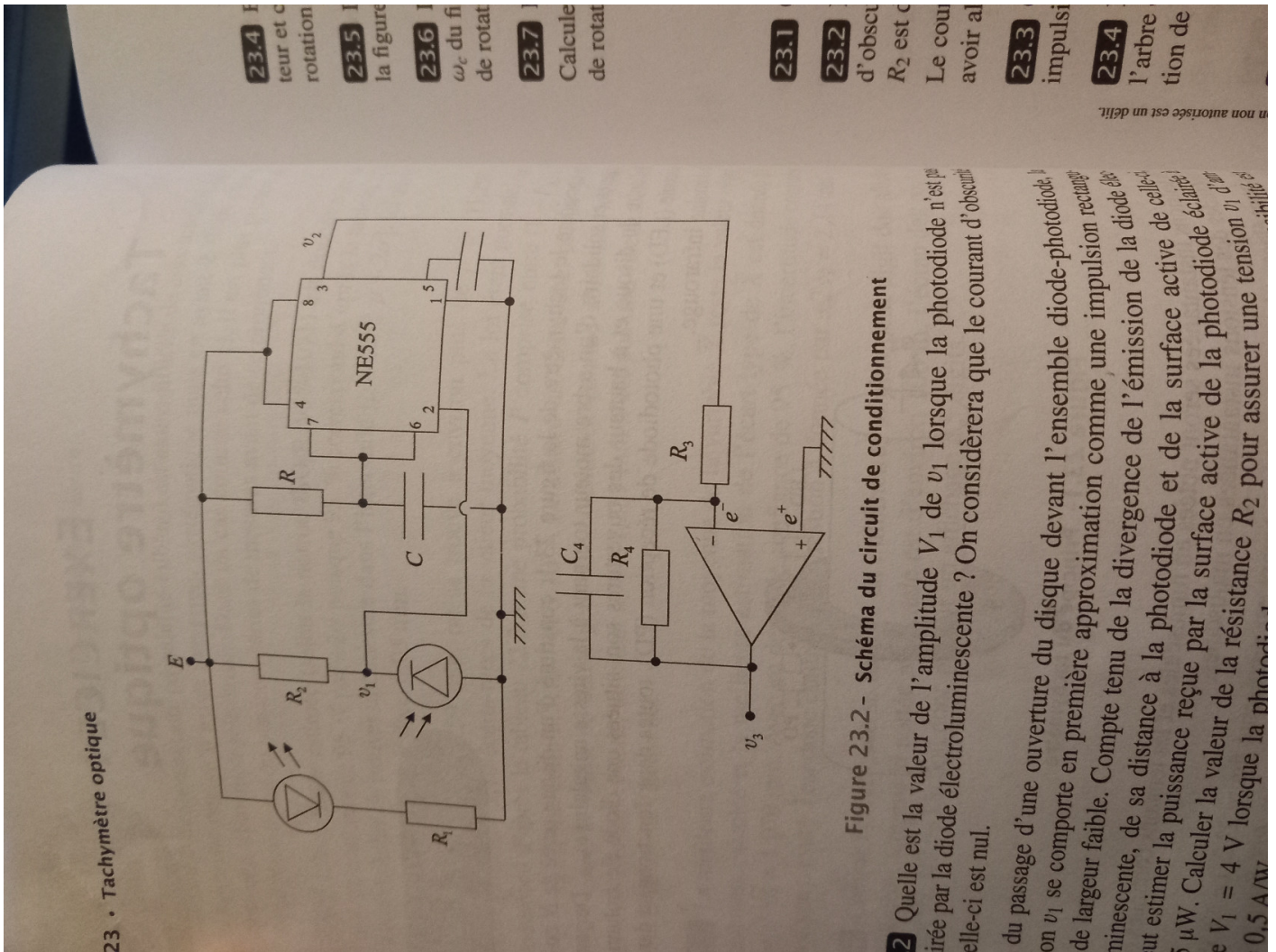


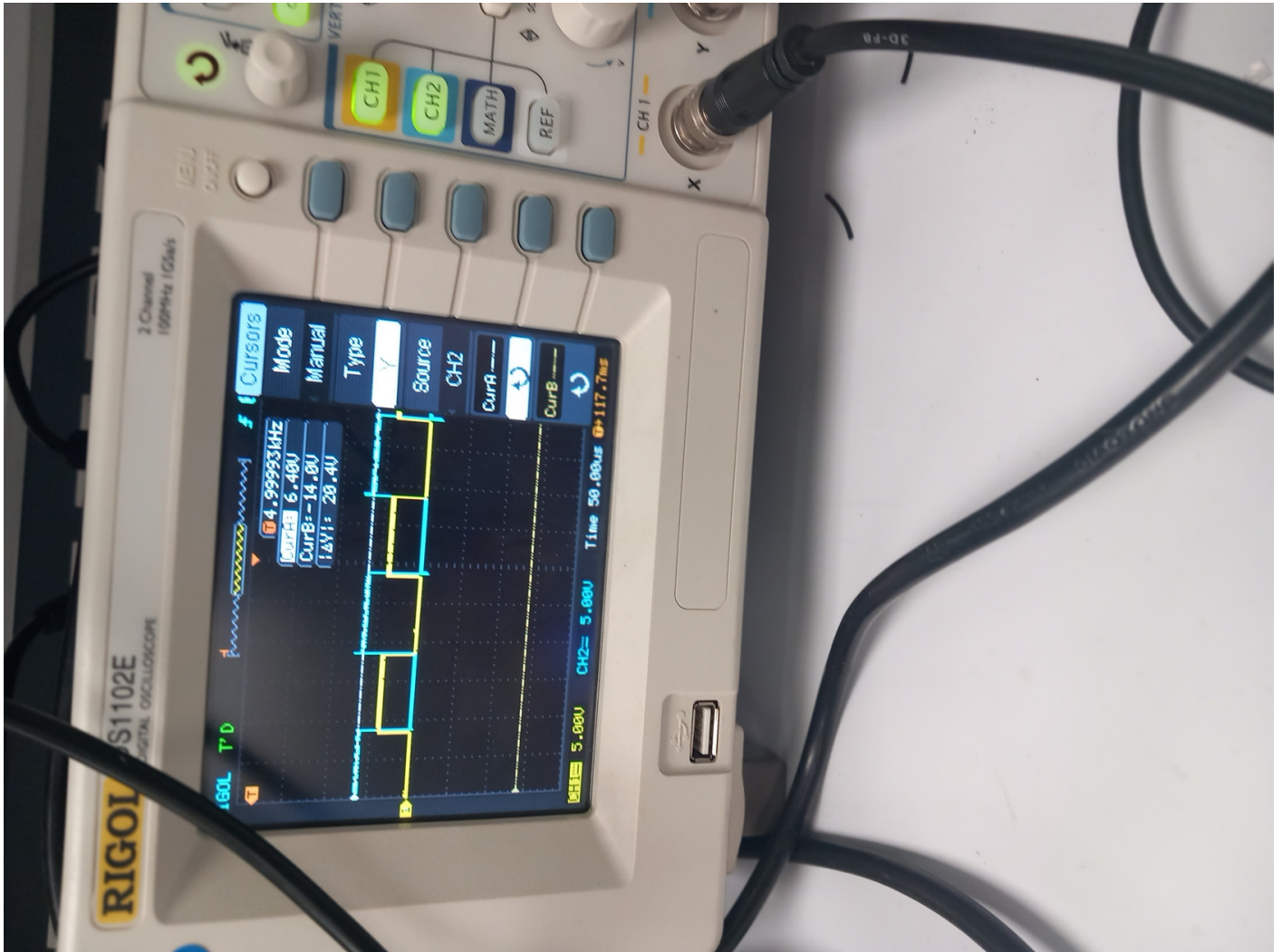
Figure-2

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  $T = 1.1 \cdot R \cdot C$  ( $R$  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**

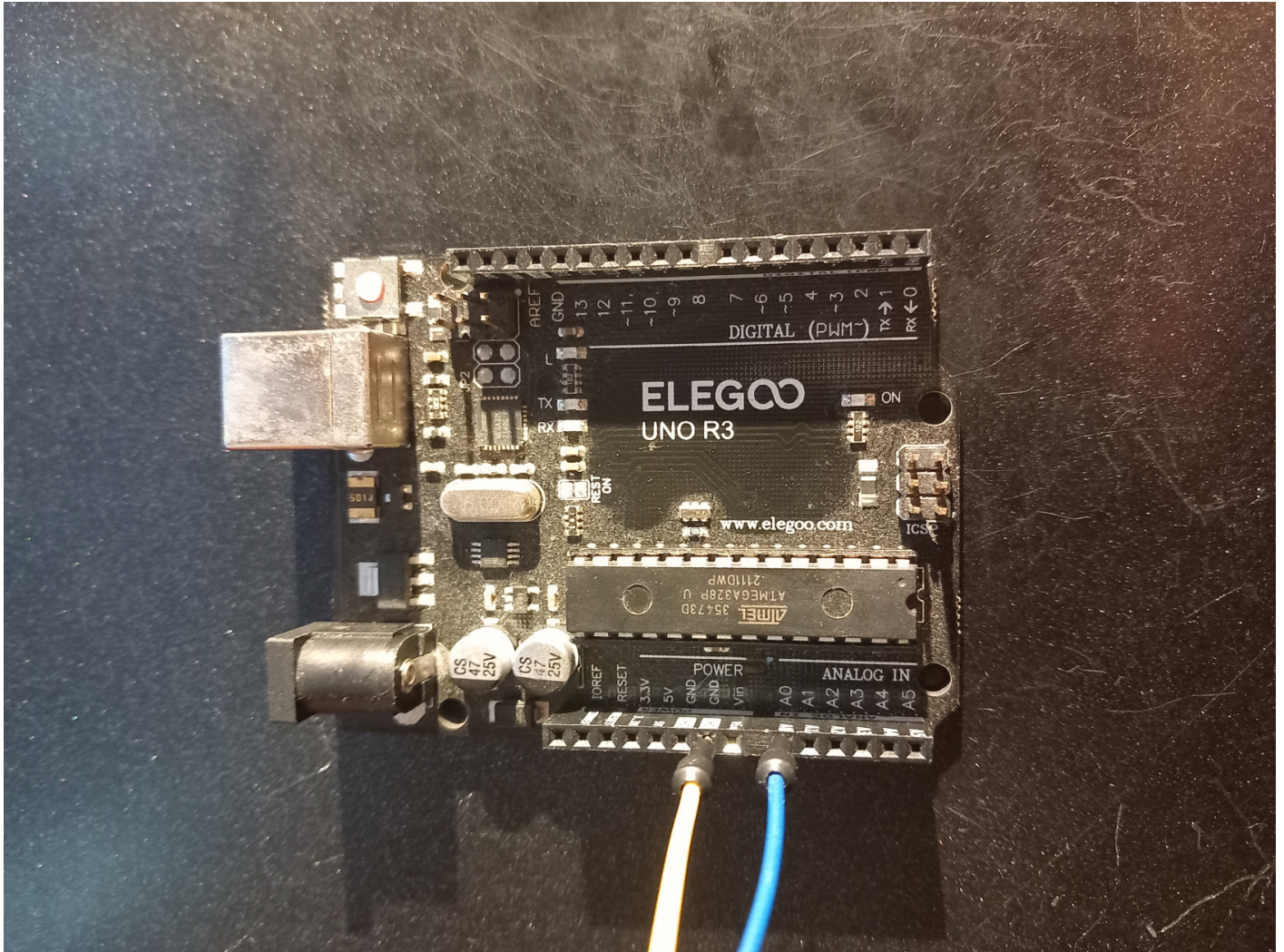
7- La deuxième et dernière partie du circuit avec le grand triangle (l'AOP pour les aguerris) sur la figure-1 fait deux chose :

- 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.

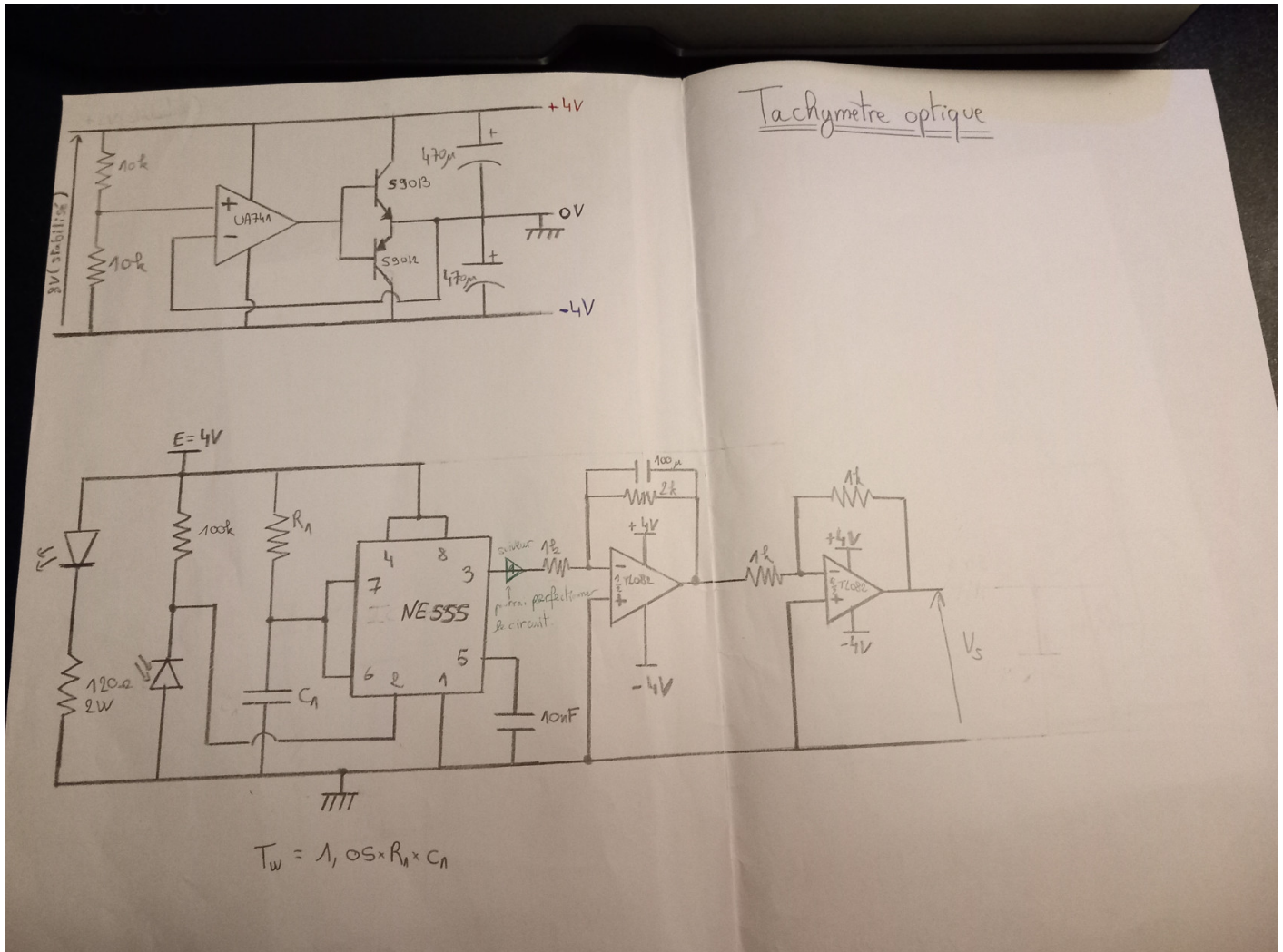
En effet, il y a en réalité de nombreux problèmes à relever ( spoiler alerte: je vais trouver une solution à chacun d'entre eux) pour faire fonctionner ce circuit :

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 :

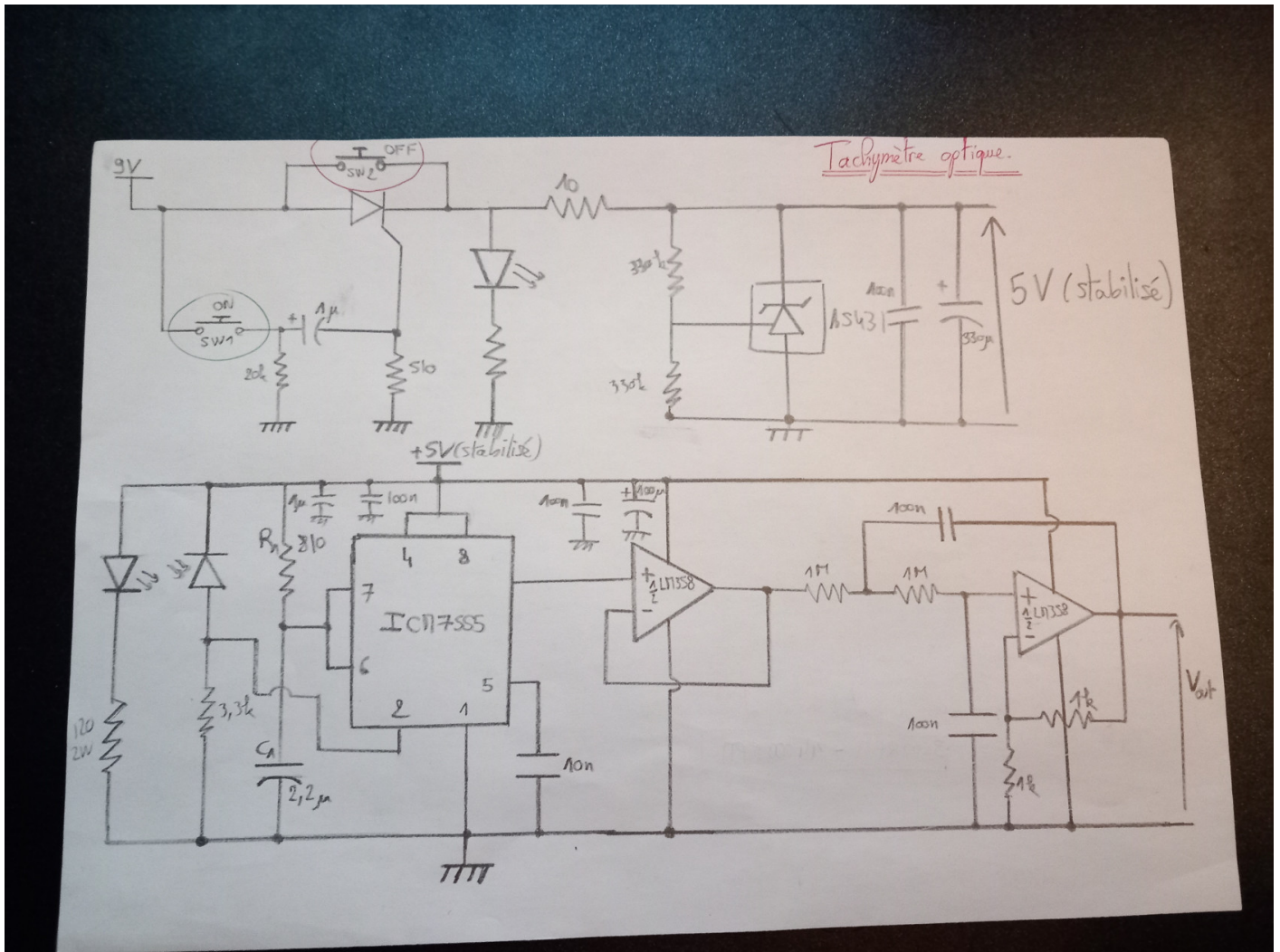


Figure-7

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 améliorée 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.

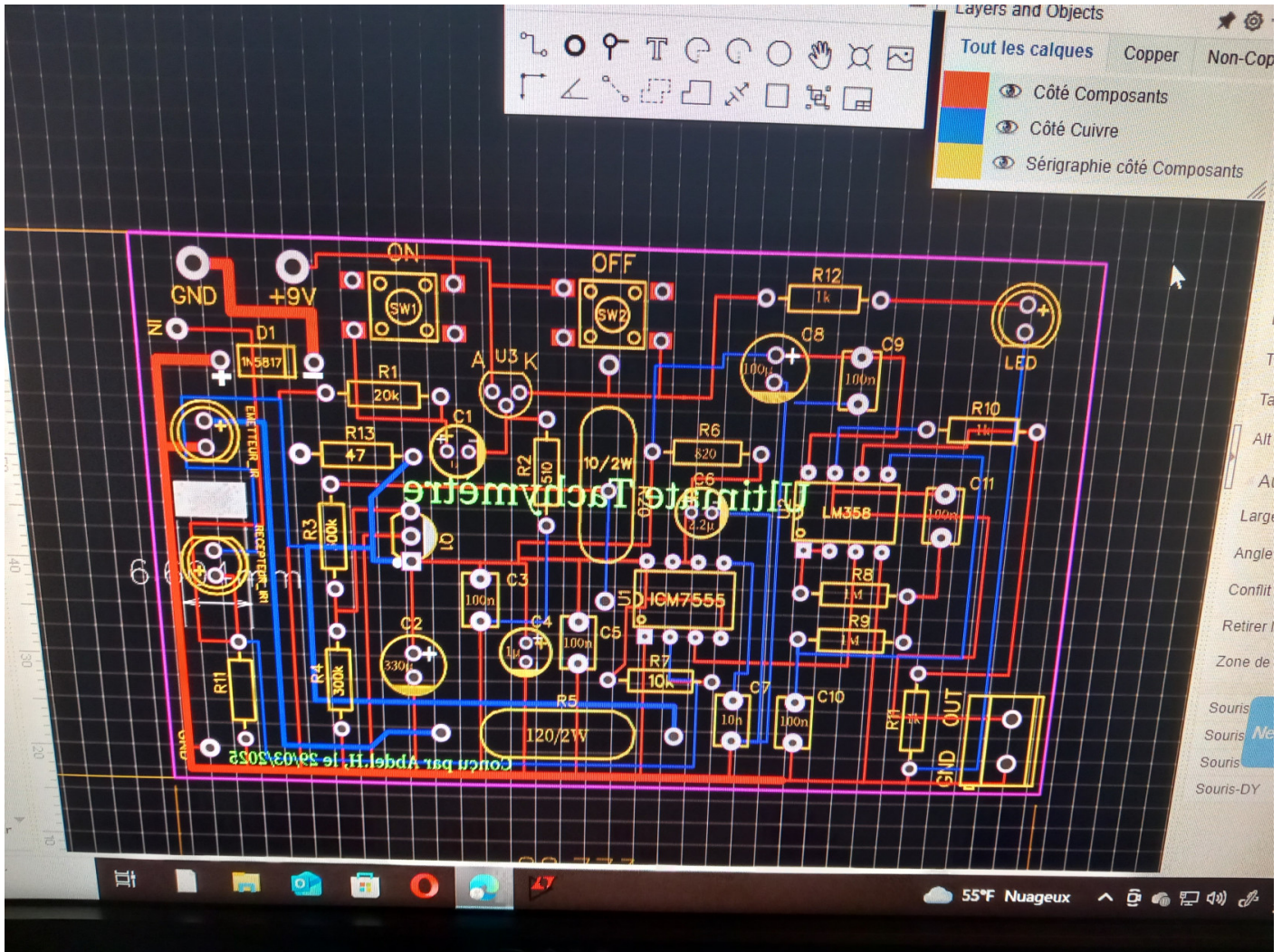
J'ai aussi rajouté un stabilisateur Haut précision basé sur une bonne vieille diode Zener "programmable" AS431 que j'ai récupérée dans une alimentation à découpage d'un vieux PC.

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

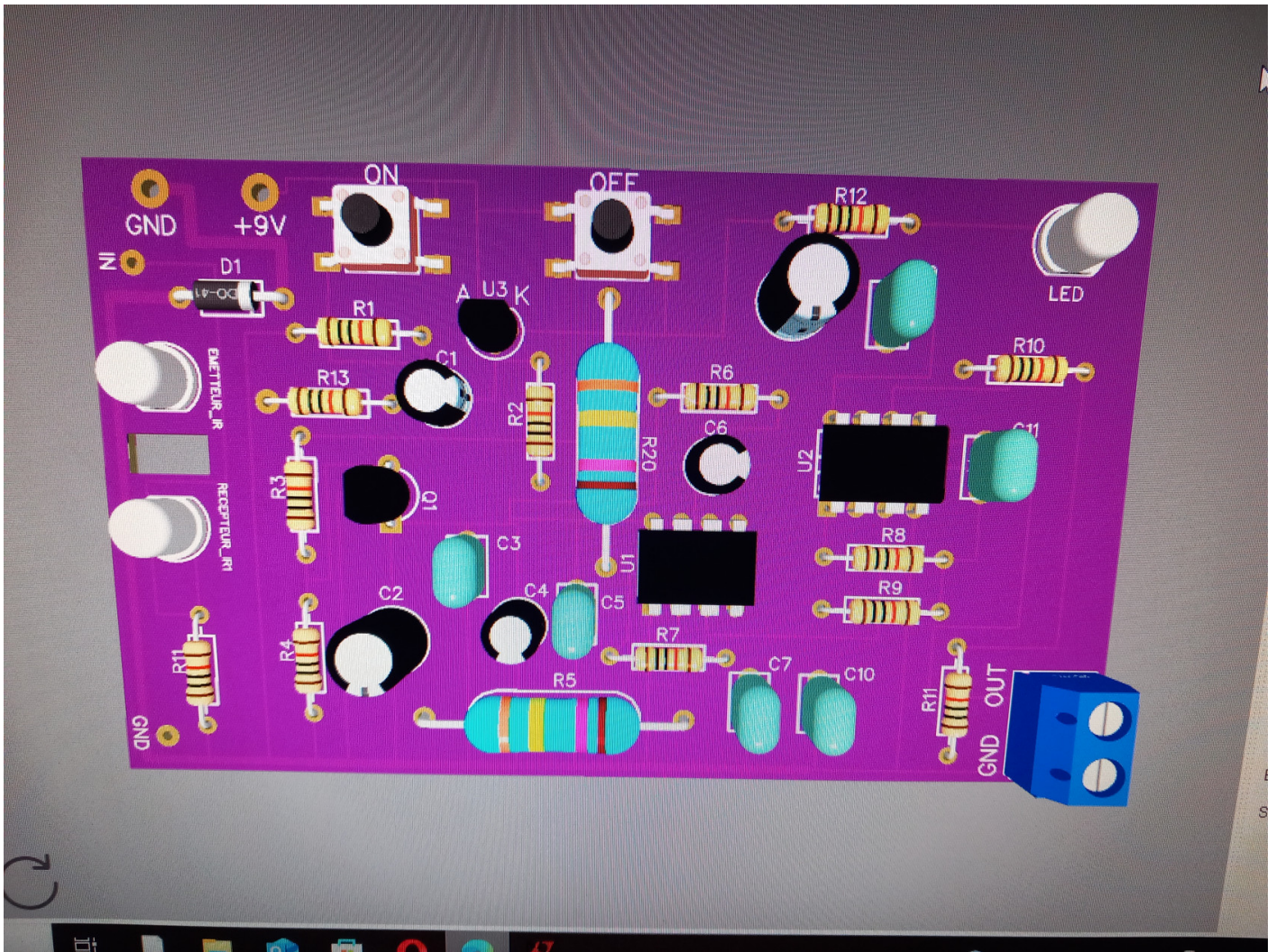
avait des trous sur le disque ) dont on veut mesurer la vitesse de rotation : il suffit de placer le tachymètre en face seulement.

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 :

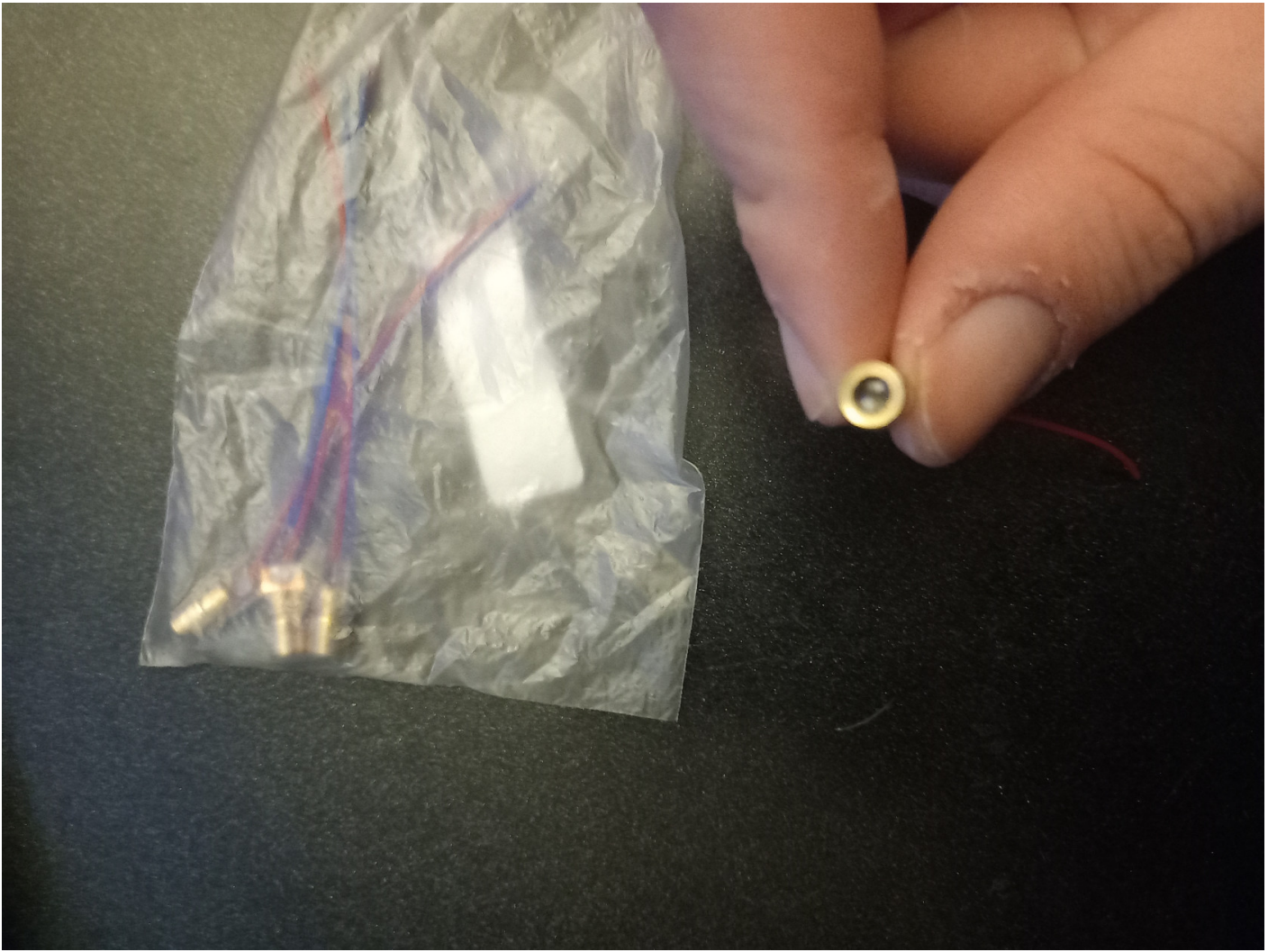


Puis une petite vue 3D avant d'envoyer tout ça à la production, ensuite dodo et à dans 11-14 jours le temps que ca arrive.



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