

ANSELME Léonard
BACHELOT Aurélien
BELGUIDOUM Amin
BELLET Tristan

4ETI

Compte-Rendu Projet Robot Doseur Groupe B1



Année 2023/2024

Introduction

Dans le cadre de notre 4^{ème} année d'école d'ingénieur, nous nous sommes penchés sur la réalisation d'un système électronique complet intégrant des capteurs, actionneurs, une interface logicielle Homme-Machine (IHM) et un certain nombre de fonctions électroniques fondamentales. Ce système nous permettra de comprendre et de maîtriser le fonctionnement d'une chaîne d'acquisition et les principes qui la compose. Le système à réaliser est un Robot-Doseur qui doit être capable de délivrer une boisson à un volume, une concentration et une température donnée.

Cahier des charges :

Par des conceptions matérielles et logicielles, le robot-doseur doit être capable de délivrer des boissons respectant 3 caractéristiques :

- Température comprise entre 20°C et 50°C.
- Concentration comprise entre 10% et 90%.
- Volume compris entre 50ml et 250ml.

Pour la partie matérielle, nous allons, pour chacune des 3 caractéristiques à respecter, réaliser une chaîne de traitement en mettant en œuvre des schémas électroniques fonctionnels en utilisant différents composants (amplificateurs, convertisseurs etc.). Ces composants seront dimensionnés par nos soins afin que le cahier des charges soit respecté.

Pour la partie logicielle, l'objectif est de réaliser une interface Homme-Machine qui permette de déclencher certaines actions telles que le mélange, le chauffage et l'ouverture des électrovannes en fonction des mesures de concentration, température et volume effectuées. L'acquisition de la mesure se fera via un convertisseur analogique numérique d'une carte spécifique de chez National Instrument (Boitier NI 6009). Enfin le traitement sous LabView doit permettre de

- Choisir une boisson chaude ou froide avec un seuil de température
- Choisir la concentration de la boisson entre 10% et 90%
- Choisir un volume dans le gobelet compris entre 50ml et 250ml
- Afficher, en temps réel, les différentes valeurs des constantes mesurées dans un graphique et sur des stocker et dater, dans un fichier quotidien, les volumes consommés, pour la gestion et l'approvisionnement.
- Envoyer à la fin de la journée les données stockées à un PC distant via une liaison série.

Pour ce projet nous disposons d'une maquette de travail (**voir Figure 1**) qui est constituée principalement des éléments suivants :

- Un bécher
- Un couvercle sur lequel sont fixés des capteurs/actionneurs
- Des connecteurs pour faire fonctionner différents composants
- Une sonde PT100 pour la mesure de température
- Une LED et photodiode pour la mesure de concentration
- Une balance à jauge de contrainte pour la mesure de volume
- Une alimentation 12V.

Le bécher est utilisé pour faire notre mélange qui sera ensuite vidé dans le bécher en plastique. Pour accéder aux différentes parties de la maquette nous utiliserons des borniers fixés.

Cette maquette, lorsqu'elle est mise sous tension, est capable de nous délivrer une tension de 12V. Cependant, nos différents montages électroniques auront besoin d'être alimentés en 5V ou 3,3V. De plus, certains composants tels que l'amplificateur d'instrumentation, ont besoin d'une tension d'alimentation très stable. Cette dernière peut être fournie grâce à un régulateur de tension.

Pour mener à bien ce projet nous allons dans un premier temps concevoir deux régulateurs de tension : 12V – 5V et 5V – 3V. Ensuite nous verrons la partie de mesure de température, ensuite nous nous occuperons de la concentration et enfin du volume. En parallèle nous ferons le traitement nécessaire sous LabView pour gérer l'IHM. Pour finaliser le tout nous intégrerons toutes ces parties à notre maquette.

Nous avons à notre disposition, pour l'ensemble de ce projet :

- Un multimètre et multimètre de précision, oscilloscope ...
- Une alimentation stabilisée pour les composantes basses tensions (qui jouera le rôle de batterie de notre système)
- Une alimentation pour les éléments de puissance 10V/8A, 3V/2.5A, 12V/110mA...

Table des matières	4
I – Les régulateurs de tension	5
Régulateur 12V - 5V	5
Régulateur 5V - 3,3V	5
II – Produire un liquide à une température donnée	6
Étalonnage	6
Conditionnement du capteur PT100	6
Conditionnement du signal V_{PT100}	7
Action : le chauffage avec une commande de type « TOR »	7
III – Mesure de Concentration	9
Étalonnage de la photodiode	9
Polarisation de la LED en pulsé (MLI)	9
Conditionnement du capteur photonique	10
Ouverture d'électrovanne en mode « TOR » et agitation du mélange en mode MLI	10
IV-Mesure de volume	11
Pré-conditionnement avec un pont de Wheatstone	11
Conditionnement avec un amplificateur d'instrumentation	11
Actionneurs	12
V – Interface Homme-Machine (LabView)	13
Notre point de vue	13
Les améliorations possibles	13
VI – Conclusion	13
ANNEXES	14
Figure 1 : Maquette Robot-Doseur	14
Figure 2 : Schéma du câblage du régulateur LP2954	14
Figure 3 : Courbe d'étalonnage du capteur PT100	14
Figure 4 : Schéma du conditionnement du capteur PT100 par une source de courant	14
Figure 5 : Courbe du conditionnement du capteur PT100	15
Figure 6 : Schéma d'explication du conditionnement de la tension V_{pt100}	15
Figure 7 : Schéma complet du conditionnement de V_{pt100}	15
Figure 8 : Schéma du comparateur à hystérésis	15
Figure 9 : Schéma du câblage de la diode de roue libre	16
Figure 10 : Principe de mesure par colorimétrie	16
Figure 11 : Étalonnage de la LED en DC	16
Figure 12 : Polarisation de la LED en pulsé	16
Figure 13 : Conditionnement de la photodiode	16
Figure 14 : Schéma du pont de Wheatstone complet	17
Figure 15 : Pont de Wheatstone avec potentiomètre	17
Figure 16 : Courbe de la tension $V(m)$ en fonction du poids (avant conditionnement)	17
Figure 17 : Montage complet pour la mesure de température	17
Figure 18 : Courbe de la tension $V(m)$ en sortie de l'amplificateur d'instrumentation	18

I – Les régulateurs de tension

Comme précisé dans l'introduction, notre maquette de robot-doseur est capable de fournir une tension de 12V. Cependant, nos montages électroniques seront alimentés en 12V ou 3,3V et auront parfois besoin d'une alimentation très stable pour fonctionner (cf partie IV). Nous allons donc réaliser 2 régulateurs de tension :

- Régulateur 12V – 5V.
- Régulateur 5V – 3V.

Pour ce faire nous disposons des composants suivants ainsi que de tous les composants habituels disponibles en salle de TP.

- Régulateur de tension : LP295
- Référence de tension : LM385

Régulateur 12V - 5V

Sur la **figure 2**, nous observons le schéma électrique du LP295 qui provient de la datasheet.

Dans celle-ci, son fonctionnement est expliqué.

On utilise la formule suivante :

$$V_{OUT} = V_{REF} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) + (I_{FB} \times R_1), \text{ avec } V_{REF} = 1.23 \text{ V}, I_{FB} = 20\text{nA}, R_2 = 100\text{k}\Omega$$

Pour avoir $V_{OUT} = 5 \text{ V}$ il faut $R_1 = 30\text{k}\Omega$

Régulateur 5V - 3,3V

On utilise encore le LP295 donc on réutilise la même formule : $V_{OUT} = V_{REF} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) + (I_{FB} \times R_1)$. Mais cette fois ci $R_1 = 14\text{k}\Omega$

II – Produire un liquide à une température donnée

Notre robot doit pouvoir, dans un premier temps, chauffer notre boisson sur une gamme de températures variant de 20 °C à 50 °C.

Pour chauffer notre boisson, nous disposons d'une résistance de chauffe directement intégrée dans notre robot, d'un capteur PT100 qui servira à mesurer précisément la température de la boisson pour garantir le maintien de la température souhaitée. On dispose aussi d'AOP (MCP 602 et MCP6272), d'une source de courant LM334, d'un comparateur MCP6542 et de 2 transistors bipolaires.

Le capteur PT100 est un capteur résistif, donc c'est un capteur passif. Il faut donc le polariser. Ce capteur est constitué de platine et sa résistance est à 100Ω quand il y a une température de 0 degrés.

Étalonnage

On va, dans un premier temps, étalonner notre capteur, une opération qui consiste à faire correspondre une grandeur de sortie à une variation de grandeur d'entrée. On va l'étalonner à l'aide de la résistance de chauffe en faisant varier la gamme de température de 10 à 50 afin de déterminer la relation exacte entre la résistance et la température, ce qui est essentiel pour obtenir une lecture précise du capteur. On alimente donc la résistance de chauffe avec une tension de 12 V après avoir mis de l'eau dans le béccher et à l'aide d'un multimètre, on mesure la valeur de la résistance et avec un thermomètre, on mesure la température (**voir Figure 3**).

On obtient une courbe linéaire ce qui montre que notre capteur est linéaire. Le coefficient directeur de la courbe est la sensibilité du capteur qui se mesure en ohms par degré Celsius.

On obtient donc l'expression : $R_{pt100} = R_0 + 0,3932 \cdot T$

Remarque : dans notre montage, on ne va pas utiliser un multimètre mais une source de courant constant pour avoir uniquement une variation de résistance en fonction de la température.

Conditionnement du capteur PT100

Nous devons maintenant conditionner notre capteur PT100 à l'aide d'une source de courant LM334 afin de produire une tension proportionnelle à la température. Comme précisé au début, le capteur PT100 est un capteur passif et pour cela, on doit le polariser afin qu'il nous fournisse une tension en sortie. En effet, la plupart des systèmes électroniques modernes tels que les microcontrôleurs interprètent des signaux électriques souvent sous forme de tension. Une tension proportionnelle à la température permet une intégration aisée avec ces systèmes (**Voir Figure 4**).

Le capteur étant très précis, il présente un bruit de 10 mV. Pour avoir une bonne valeur, on veut une tension de 100 mV dans le capteur. Or, d'après le tableau résistance/température, $R(0\text{ °C}) = 100\text{ ohm}$, donc $I_{set} = 1\text{ mA}$.

On déduit alors avec la fiche technique du LM334, $R_{set} = 67,7\Omega$.

Remarque : on aurait pu prendre une tension supérieure à 100 mV (par exemple 1 V), mais dans ce cas, $I_{set} = 10\text{ mA}$ et donc le capteur PT100, qui agit comme une résistance, va chauffer et perturber les résultats.

On alimente donc cette source de courant à 3,3 V et on mesure la tension avec le multimètre et la température avec le thermomètre de précision.

On obtient la courbe linéaire **Figure 5** et la relation : $V_{pt100} = A + BT$ avec

$$A = V_{pt100}(0) = 94,976\text{ mV}$$

$$B = 0,2884\text{ mV/°C}$$

Conditionnement du signal V_{PT100}

Nous souhaitons maintenant conditionner notre signal afin d'interpréter correctement les variations de résistance de la PT100 en tant que variations de tension et s'assurer que ces variations sont dans une gamme qui peut être lue et traitée par des composants électriques (CAN, AOP, etc.). On veut que le signal V_{PT100} aille de 0 à 3 V pour T variant de 0 à 50 °C. Pour cela, on va utiliser un montage à 3 étages à base d'AOP comportant un étage soustracteur et 2 étages amplificateurs (**voir Figure 6**). Comme l'ordre de grandeur du bruit est d'environ 10 mV et que cela correspond à l'ordre de grandeur du signal une fois soustrait, si on amplifie ensuite, on amplifiera aussi le bruit. Pour éviter cela, on va d'abord amplifier (x28) puis soustraire (-2,7) et enfin amplifier (x10).

Pour les AOP, on a regardé sur les datasheets les valeurs de CMR et d'output swing et on a privilégié l'utilisation du MCP6272. En effet, il est important que nos valeurs de tension en entrée et en sortie ne soient pas en dehors de l'intervalle des tensions acceptées par l'AOP.

Remarque : On n'a pas besoin de se soucier du produit gain-bande étant donné qu'on travaille sur de faibles fréquences. (**Voir Figure 7 pour le schéma du conditionnement de V_{PT100}**).

Dimensionnement des résistances :

- Pour le 1^{er} étage (amplificateur x 28) :

On veut avoir $G = (1 + \frac{R_2}{R_1}) = 28$, donc $\frac{R_2}{R_1} = 27$ On prend alors $R_1 = 1k\Omega$ $R_2 = 27 k\Omega$

- Pour le 2^{eme} étage (soustracteur -2,7) :

Le pont formé par les résistances R_8 et R_7 va nous servir à avoir une tension au point A de 2,7V

On alimente ce pont à $V_{cc} = 3,3$ V si bien qu'avec un pont diviseur de tension, on obtient :

$$3,3 = 2,7 \times \frac{R_7}{R_7 + R_8} \quad \text{donc finalement } R_7 = 4,5 \times R_8 \quad \text{on prend alors } R_7 = 1k\Omega \text{ et } R_8 = 220\Omega.$$

Enfin on prend $R_4=R_5=R_6=R_7= 100k\Omega$ pour avoir en sortie : $V_s = V_{in} - A$ et pour que le pont diviseur n'influe pas sur le montage on prend $100k\Omega$.

- Pour le 3^{eme} étage (amplificateur x10) :

Avec le même raisonnement que pour le 1^{er} étage on trouve $R_9 = 1k\Omega$ et $R_{10} = 10k\Omega$

Action : le chauffage avec une commande de type « TOR »

On va maintenant actionner le chauffage avec une commande de type TOR (tout ou rien) dans le but de contrôler la résistance de chauffage en fonction de la température du liquide.

Pour cela on va utiliser un montage comportant une diode de roue libre.

Pour réaliser un montage d'actionneur analogique utilisant une diode de roue libre, on adopte une approche utilisant un comparateur pour contrôler un transistor qui à son tour contrôle la résistance de chauffage. La diode de roue libre est essentielle pour protéger le transistor des courants inverses générés lorsque la résistance de chauffage (qui peut agir comme une bobine) est éteinte. Voici une description de chaque composant du montage :

Comparateur : Compare le signal de tension provenant du PT100 à une tension de référence qui représente la température de consigne. Si la température du liquide est inférieure à la consigne, le comparateur active le transistor. On va utiliser un comparateur à hystérésis. (**Voir Figure 8**).

Dimensionnement des résistances

R_1 et R_2 doivent posséder un rapport suffisamment grand pour que V_e soit modifié le moins possible. On prend $R_1 = 1k\Omega$ et $R_2 = 100k\Omega$. R_3 fixe à $1k\Omega$, et R_p représenté par un potentiomètre dont la valeur est déduite du pont diviseur : $R_p = (\frac{V_{alim}}{V_+} - 1)R_3$ avec $V_{alim} = 3,3V$ et V_+ la tension de consigne.

Transistor (comme un 2N2222) : sert d'interrupteur pour contrôler la résistance de chauffage. Quand le comparateur détecte que la température du liquide est inférieure à la consigne, il active le transistor, permettant au courant de passer et de chauffer la résistance.

Diode de roue libre : Placée en parallèle avec la résistance de chauffage, elle permet de court-circuiter les surtensions induites par l'arrêt de la résistance de chauffage, protégeant ainsi le transistor. **(Voir Figure 9).**

En fonctionnement, lorsque la température du liquide est inférieure à la consigne, le comparateur active le transistor, qui permet alors à la résistance de chauffage de fonctionner. Lorsque la température atteint ou dépasse la consigne, le comparateur désactive le transistor, et la résistance de chauffage s'éteint. La diode de roue libre protège le transistor des surtensions générées par l'arrêt soudain de la résistance de chauffage. Ce système permet un contrôle précis et analogique de la température, avec une précision de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, sans nécessiter de microcontrôleur ou d'interface numérique.

On a donc avec cette chaîne de traitement un robot capable de chauffer notre boisson en respectant les contraintes du cahier des charges.

III – Mesure de Concentration

Nous souhaitons dans cette partie produire une boisson à la concentration souhaitée. Nous allons conditionner un système optique, et mettre en place les différents composants de la chaîne de mesure pour pouvoir respecter cette contrainte. Cette partie du projet repose sur un principe en apparence assez simple: une LED placée contre un bécher, qui contient une solution colorée, émet un faisceau lumineux (**voir Figure 10**). Ce faisceau illumine une photodiode (récepteur) qui se trouve de l'autre côté du bécher, qui va produire un courant proportionnel à la concentration de la solution. Puis en fonction de ce courant, et de la demande sur l'interface IHM Labview, la concentration sera ajustée.

Pour cette partie nous disposons du matériel suivant :

-Transistor PNP2907

-MCP602

-Transistor MOS BS170

Ainsi que les composants habituels disponibles en salle de TP (résistances, condensateurs...)

Étalonnage de la photodiode

Dans cette première étape, nous avons étalonné la photodiode grâce à la loi de Beer-Lambert. Nous devons choisir la couleur du soluté à incorporer à la solution dans le bécher, qui absorbe le mieux possible les rayonnements émis par la LED, afin qu'il y ait un courant minimum aux bornes de la diode pour une concentration maximum. La LED de notre maquette émettant des rayonnements verts, nous avons opté pour un soluté rouge, couleur complémentaire du vert.

Polarisation de la LED en pulsé (MLI)

Le projet nous proposait ensuite 2 types de polarisation pour la LED afin de pouvoir mesurer le courant I_{ph} . Nous avons commencé par la polarisation DC, et mis en place le schéma **Figure 11**.

Cette LED verte 5093B a pour courant maximum $I=100\text{mA}$. On veut une résistance R telle que

$$R = \frac{V}{I} = \frac{3,3}{50 \cdot 10^{-3}} = 66$$

Nous avons ensuite pu faire varier la concentration du mélange de 0% à 100%, et déterminer la fonction $I_{ph} = f(C\%)$.

Pour la suite du projet, nous avons polarisé la LED en pulsé, grâce à un oscillateur à relaxation à base d'amplificateur opérationnel (**voir Figure 12**). Cette polarisation MLI est à privilégier par rapport à la polarisation continue car elle consomme moins d'énergie, réduit la chaleur générée par la LED et permet ainsi d'augmenter sa durée de vie. L'oscillateur nous assure stabilité et précision et surtout un faible coût. Nous avons mis en place le montage théorique du cours, avec en sortie de ce dernier un transistor NPN qui nous permet d'amplifier le courant aux bornes de la LED, car le GBF ne fournit pas un courant nécessaire pour polariser cette dernière.

On souhaite avoir un rapport cyclique α de 10% avec $T_{High} = 10\mu\text{s}$, $T_{Low} = 90\mu\text{s}$ et donc $T = 100\mu\text{s}$, avec donc une fréquence de 10kHz. Pour cela, on influence seulement sur les valeurs de nos résistances R_4 et R_5 . En effet on sait que $T_{High} = \ln(3) \cdot R_4 \cdot C$ et $T_{Low} = \ln(3) \cdot R_5 \cdot C$.

$$\text{Ainsi } \alpha = \frac{T_{High}}{T_{Low}} = \frac{R_4}{R_5} = 10$$

Donc $R_4 = 10 \cdot R_5$.

On choisit $R_5 = 12\text{k}\Omega$ et $R_4 = 100\text{k}\Omega$.

On choisit ensuite $R_b = 780\Omega$ car on veut $I_b \approx \frac{I_c}{10}$ pour que le transistor conduise le courant (sinon le transistor est bloqué). Il est à noter qu'on ne peut pas avoir $I_c = 90\text{mA}$ comme le demande l'énoncé, à cause des caractéristiques de l'AO. On dimensionne finalement le condensateur C. On veut $C \gg \frac{1}{2\pi(R_4 + R_5).f} = 1,45.10^{-9}$. On choisit donc $C = 15\text{nF}$.

Conditionnement du capteur photonique

On veut maintenant conditionner notre capteur afin de produire une tension proportionnelle à la concentration. La photodiode étant un capteur actif, on utilise un convertisseur courant-tension pour pouvoir effectuer la conversion (**voir Figure 13**). Il ne faut pas oublier de rajouter un montage inverseur en sortie pour bien avoir une tension maximale de 3V pour une concentration maximale de 100% (on a initialement étalonné la photodiode, pour que la tension soit minimale pour une concentration maximale). Le condensateur de ce montage nous sert à stabiliser le signal afin de ne pas avoir d'oscillations du signal. On a choisi $C = 10\text{pF}$ pour avoir une stabilisation optimale.

Dimensionnement de la résistance : pour un courant I_{ph} maximum, en l'occurrence 57mA, on veut une tension $V_{out} = 3\text{V}$. On sait que $V_{out} = R.I_{ph}$ donc :

$$R = \frac{V_{out}}{I_{ph}} = \frac{3}{57.10^{-3}} = 52,6\Omega$$

Ouverture d'électrovanne en mode « TOR » et agitation du mélange en mode MLI

Dans cette dernière partie, on veut contrôler les électrovannes (pour modifier la concentration), et mettre en place un agitateur (pour assurer l'homogénéité du mélange). Pour commander l'agitateur : on met en œuvre une commande de type « MLI » en utilisant le pont en H intégré à la maquette, qui permet de faire tourner l'agitateur à 30% de la vitesse maximum. Ce montage est exactement le même que celui de l'étalonnage de la LED en pulsé, à la différence qu'on a $R_4 = 3.R_5$ pour avoir un rapport cyclique α de 30%. Le pont en H est branché à l'émetteur du transistor.

Pour commander l'électrovanne : on met en œuvre une commande de type « TOR », avec un transistor MOSFET et le régulateur de tension 5V que nous avons réalisé dans la première partie. L'actionneur fonctionne très simplement et binairement : si les 5V sont appliqués sur la grille, l'électrovanne est ouverte, sinon elle est fermée.

IV-Mesure de volume

Nous allons, dans cette partie, concevoir une chaîne d'acquisition permettant de contrôler le volume du liquide dans le bécher. Pour cela, nous allons passer par la mesure du poids de ce dernier (nous savons que $1\text{g} = 1\text{ml}$). Pour fournir une boisson avec le volume souhaité, il faut étalonner les jauges de contraintes et les conditionner pour mesurer la masse et contrôler l'action d'électrovanne. Dans un souci d'efficacité nous ne ferons pas la partie d'étalonnage. Les 4 jauges ont la même valeur de résistance au repos $R_0 \approx 0,995719\text{k}\Omega$.

Afin de mesurer le poids de notre bécher nous allons utiliser une balance de commerce constituée de capteurs résistifs à base de 4 jauges de contraintes. Lorsque le poids du bécher est déposé sur la balance les différentes jauges de contrainte se déforment (R_1 et R_2 sont étirées tandis que R_3 et R_4 sont comprimées). La déformation des résistances est mesurée via un pont de Wheatstone et nous fournit une tension proportionnelle à leur déformation, donc au poids déposé sur la balance.

Pour cette partie nous avons à disposition les composants suivants :

- AOP : MCP 602, MCP6272
- Ampli d'instrumentation : AD8420/MAX4194
- Transistor MOS : NX3008NBK

Pré-conditionnement avec un pont de Wheatstone

Nous réalisons dans un premier temps la mesure de la tension fournie par le pont de Wheatstone complet lorsque le bécher est vide (**voir Figure 14**).

Lorsqu'une jauge est étirée (c'est le cas de R_1 et R_2) la valeur de sa résistance augmente. La variation de toutes ces résistances nous fournit la tension $V(m)$. On mesure à l'aide d'un multimètre de précision cette tension $V(m)$. On se rend compte que cette tension n'est pas nulle : $V(m) = 0,346\text{mV}$. Or lorsque le bécher est vide, le poids sur la balance doit être nul et donc la tension $V(m)$ aussi. Cependant, les 4 résistances composant le pont possèdent une déviance de $\pm 0,1\%$, ce qui est peu mais suffisant pour que la tension $V(m)$ ne soit pas nulle au repos. Pour pallier ce problème nous utilisons un montage pont de Wheatstone avec potentiomètre (**voir Figure 15**).

Ici, la résistance R_5 est fixe et fait en sorte que le courant qui entre dans le potentiomètre ne soit pas trop élevé. Par conséquent on prend une grande valeur pour R_5 : $100\text{k}\Omega$. Le potentiomètre agit comme une tension variable qui permet d'annuler la tension indésirable de $V(m)$ à vide. Pour régler ce dernier on mesure $V(m)$ et on le fait varier jusqu'à obtenir $V(m) = 0\text{V}$.

Maintenant que la tension de sortie du pont à vide nous convient, nous pouvons effectuer les mesures nécessaires pour conditionner par la suite notre capteur. Toujours à l'aide du multimètre de précision on mesure $V(m)$ pour un poids dans le bécher de 50g, 100g, 150g, 200g, 250g, 300g, 350g et 400g. Nous obtenons la courbe **Figure 16**.

On remarque que la courbe est linéaire et que pour un poids maximal de 400g on obtient $V(m) = 0,519\text{mV}$

Conditionnement avec un amplificateur d'instrumentation

Nous avons actuellement $V(m)_{\text{max}} = 0,519\text{mV}$. Cette tension $V(m)$ est représentative du volume dans le bécher. C'est donc elle qui va être acquise par le convertisseur analogique puis traitée afin d'activer ou non l'ouverture des électrovannes. Or notre boîtier NI 6009 accepte une tension d'entrée maximale de 3V. Nous voulons donc faire en sorte d'avoir $V(m)_{\text{max}} = 3\text{V}$. Nous voulons donc un montage électronique amplificateur avec un gain :

$$G = \frac{3}{0,519 \cdot 10^{-3}} = 5780.$$

Nous décidons d'utiliser un montage avec amplificateur d'instrumentation MAX 4194 (**Voir figure 17**) plutôt qu'un AOP classique pour plusieurs raisons, dont les principales sont :

- Un gain variable pouvant aller jusqu'à 10 000 en faisant varier uniquement la résistance externe R_g .
- Un taux de rejection de mode commun (TRMC) très élevé, parfait pour une tension différentielle comme $V(m)$.

Le MAX 4194 a besoin d'une tension d'alimentation de 5V très stable. Nous pouvons la fournir grâce à notre régulateur de tension 12V – 5V. Une source de 5V classique n'aurait pas été convenable.

D'après la DataSheet du MAX 4194, nous savons que le gain est exprimé par

$$G = 1 + \frac{50k\Omega}{R_g}$$

On a donc :

$$R_g = \frac{50k\Omega}{G - 1} = 8,6\Omega$$

Nous prenons donc une résistance R_g de $8,6\Omega$.

Nous réitérons la mesure du volume pour 50g, 100g, 150g, 200g, 250g, 300g, 350g et 400g et obtenons cette fois-ci la courbe **Figure 18**

On remarque cette fois-ci que pour un poids maximal de 400g, on obtient une tension $V(m)_{\max} = 3V$. Notre tension de sortie est maintenant prête à être acquise par notre convertisseur puis traitée afin d'activer les actionneurs

Actionneurs

Les actionneurs ont pour objectif ici d'ouvrir ou non les électrovannes selon le besoin, tout comme pour la partie de mesure de la concentration. Par conséquent le montage est en tout point similaire.

V – Interface Homme-Machine (LabView)

Notre point de vue

Il existe de multiples choix possibles pour réaliser correctement la boisson demandée par le cahier des charges. Nous avons par conséquent réfléchi à comment optimiser le programme, la solution que nous avons choisie est de prendre les problèmes un à un, en commençant par la concentration ensuite le volume et enfin la température.

Notre premier défi était la détection de la photodiode. En effet, la mesure de la concentration ne peut être effectuée que lorsque le bécher contient 150 ml de liquide. Ainsi, notre première action consiste à ajouter 150 ml de concentré. Ensuite, nous complétons le volume nécessaire dans le gobelet en ajoutant de l'eau. Une fois ces deux étapes achevées, nous obtenons le volume requis selon les spécifications du client.

Nous passons ensuite à la phase de concentration. Après l'ajout d'eau, nous mélangeons le liquide et commençons à comparer et ajuster la concentration en fonction de nos besoins. Cette étape implique une comparaison avec la consigne. Si la concentration est identique à $\pm 2\%$, nous considérons la concentration comme atteinte et passons à la température. Si ce n'est pas le cas, deux scénarios se présentent. Si la concentration est trop faible, nous ajoutons 10 ml de concentré, mélangeons à nouveau, et répétons le test. En revanche, si la concentration est trop élevée, nous ajoutons de l'eau, et ainsi de suite.

Une fois ces étapes réalisées, il ne nous reste plus qu'à chauffer jusqu'à ce que la température requise soit atteinte. À ce stade, notre boisson est prête à être versée dans le gobelet.

Les améliorations possibles

A la suite de nos différents tests nous avons remarqué que certaines améliorations étaient encore possibles. En effet à la fin de notre programme nous écrivons un récapitulatif de commande et celui-ci indique l'heure la date, les consignes souhaitées et si les réservoirs sont suffisamment remplis. Or cette information bien qu'elle soit écrite sur un Excel n'est pas utilisée. Nous pourrions donc par la suite bloquer le lancement d'une commande si un des réservoirs n'est pas suffisamment rempli.

De plus, il serait aussi possible d'améliorer la phase de concentration en réalisant directement un calcul numérique pour optimiser l'utilisation des ressources et de plus avoir une concentration se rapprochant du pourcentage exact. De cette manière $V_{final} = \frac{C_{init} \times V_{init}}{C_{final}}$ en calculant le volume exact il nous suffirait d'ajouter l'eau/concentré exactement ce qu'il faudrait pour avoir la concentration voulue.

VI – Conclusion

La réalisation de ce projet nous a beaucoup apporté à tous les 4, à la fois humainement que techniquement et professionnellement. Sur le plan humain, nous avons appris à collaborer, en prenant en compte les forces et les difficultés de chaque membre de l'équipe et en s'adaptant aux contraintes des uns et des autres. Sur le plan technique, nous avons développé une meilleure connaissance et maîtrise des concepts et instruments vus en cours pour se les approprier. Enfin, sur le plan professionnel, nous avons appris à travailler sur un projet long terme, à s'organiser et à rédiger des comptes rendus régulièrement pour se rendre compte de notre avancée sur le projet et de son adéquation à un cahier des charges pour un client.

ANNEXES

Figure 1 : Maquette Robot-Doseur

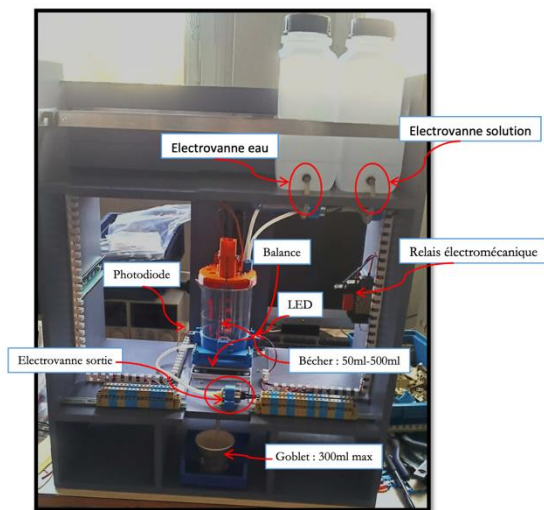


Figure 2 : Schéma du câblage du régulateur LP2954

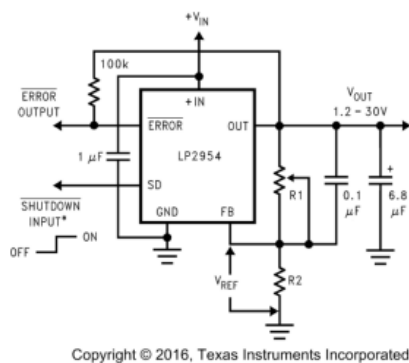


Figure 3 : Courbe d'étalonnage du capteur PT100

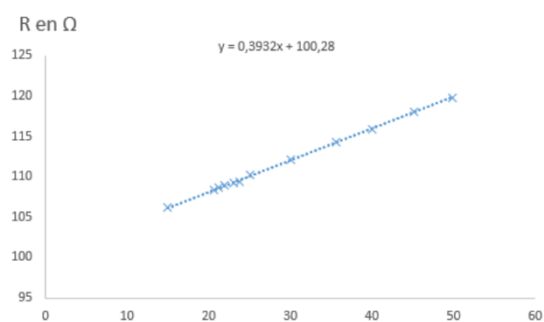


Figure 4 : Schéma du conditionnement du capteur PT100 par une source de courant

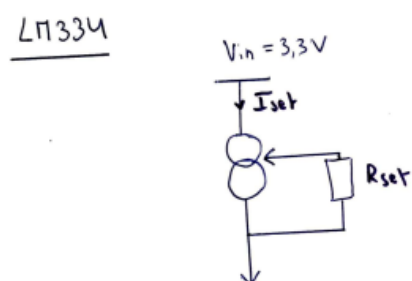


Figure 5 : Courbe du conditionnement du capteur PT100

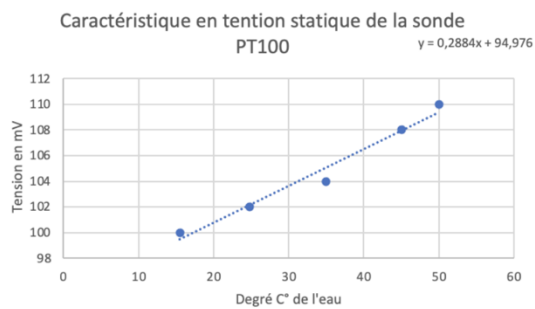


Figure 6 : Schéma d'explication du conditionnement de la tension Vpt100

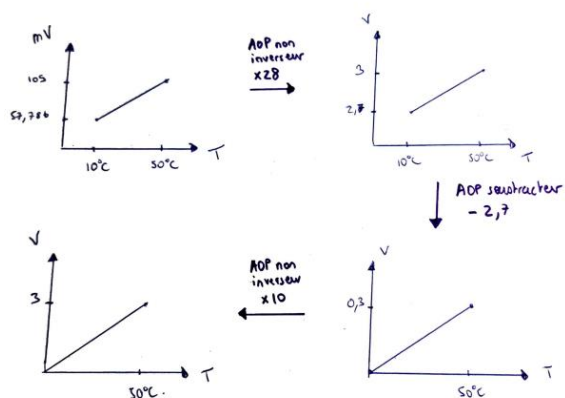


Figure 7 : Schéma complet du conditionnement de Vpt100

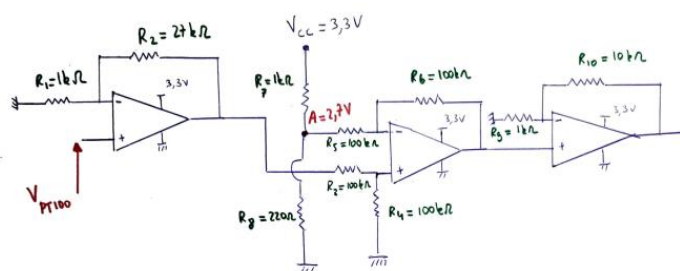


Figure 8 : Schéma du comparateur à hystérésis

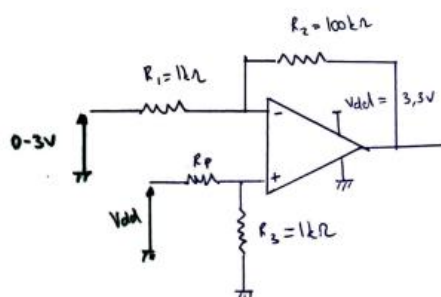


Figure 9 : Schéma du câblage de la diode de roue libre

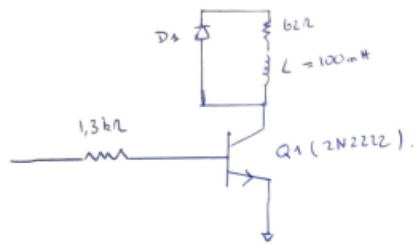


Figure 10 : Principe de mesure par colorimétrie

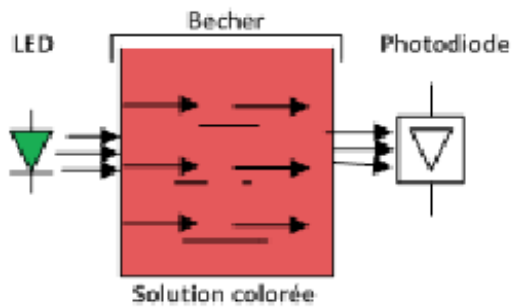


Figure 11 : Étalonnage de la LED en DC

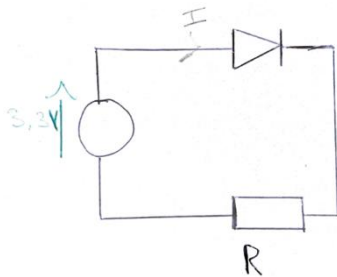


Figure 12 : Polarisation de la LED en pulsé

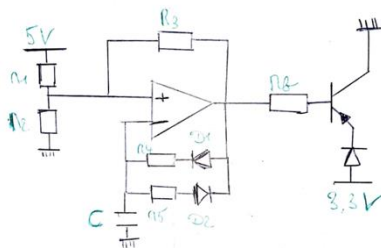


Figure 13 : Conditionnement de la photodiode

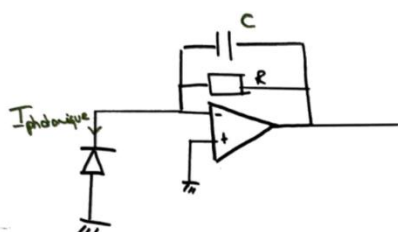


Figure 14 : Schéma du pont de Wheatstone complet

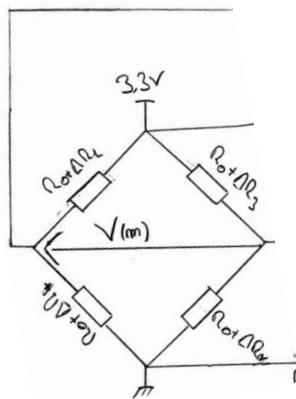


Figure 15 : Pont de Wheatstone avec potentiomètre

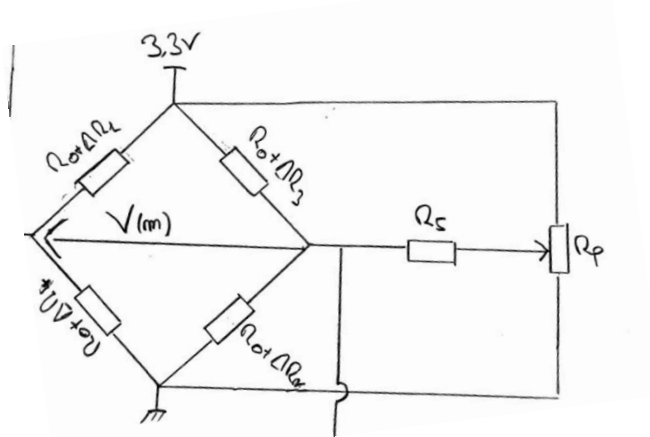


Figure 16 : Courbe de la tension $V(m)$ en fonction du poids (avant conditionnement)

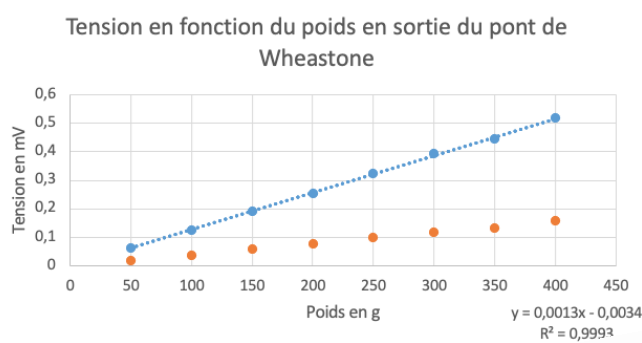


Figure 17 : Montage complet pour la mesure de température

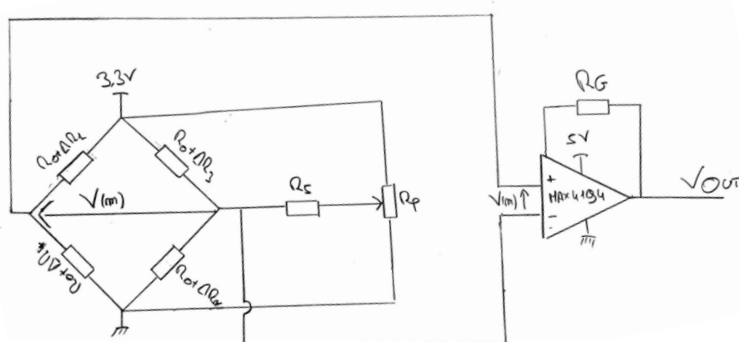


Figure 18 : Courbe de la tension $V(m)$ en sortie de l'amplificateur d'instrumentation

