

*Projet de Physique P6*  
*STPI/P6/2015 – 31*

**Mesure du niveau d'eau dans une cuve**



**Etudiants :**

**LE LAIN Alexandre**

**HE Xiaoyu**

**BAERT Gaetan**

**ZHANG Xinwei**

**WANG Hanqing**

**GONG Ben**

**Enseignant-responsable du projet :**

**GUILLOTIN François**



Date de remise du rapport : 19/06/2015

Référence du projet : **STPI/P6/2015 groupe31**

Intitulé du projet : **Mesure du niveau d'eau dans une cuve**

Type de projet : **expérimental**

Objectifs du projet :

***L'objectif de ce projet est d'appliquer les connaissances acquises en STPI pour réussir à mesurer le niveau d'eau dans une cuve, et d'approfondir nos compétences de travail en groupe. Afin de visualiser l'ensemble des techniques qui s'offrent à nous, nous avons étudié trois modèles à travers 3 expériences différentes. Chaque expérience a été réalisée par un binôme. Les expériences demanderont diverses manipulations, ce qui nous permettra d'avoir un aperçu concret de notre projet. Enfin, le but est de déterminer quelle solution est la plus viable pour répondre à notre problématique.***

Mots-clefs du projet : **Volumes, électricité, mécanique et informatique .**

## Table des matières

1.Introduction.....	6
2.Méthodologie / Organisation du travail.....	6
3.Travail réalisé et résultats.....	7
3.1.Mesure à l'aide d'un capteur de pression relative.....	7
3.1.1.Introduction du système.....	7
3.1.2.Expérience.....	8
3.1.3.Traitement du signal.....	12
3.2.Mesure avec capteur de pression capacitif.....	15
3.2.1.Principe de fonctionnement.....	15
3.2.2.L'expérience.....	16
3.2.3.Mesures et résultats.....	17
3.2.4.Conclusion.....	18
3.3.Modèle avec capteur à résistance variable.....	19
3.3.1.Le but d'expérimentation.....	19
3.3.2.Contenu d'étude.....	19
3.3.3.Mesure du niveau d'eau.....	21
3.3.4.Étude théorique.....	22
3.3.5.Procédé d'expérimentation.....	23
3.3.6.méthode de calcul.....	24
3.3.7.Conclusion de l'expérience.....	24
4.Conclusions et perspectives.....	25
5.Bibliographie.....	26

## NOTATIONS, ACRONYMES

R : Résistance(Ohm)

Fc : Fréquence de coupure(Hz)

C : Condensateur(uF)

U : tension(v)

i : Intensité (A)

## 1. INTRODUCTION

Aujourd'hui, beaucoup d'entreprises spécialisées dans l'utilisation de l'eau et ses applications (telles que Véolia) , manipulent des cuves d'eau quotidiennement. Et, dans une optique d'optimisation des techniques et des procédés, il est intéressant d'étudier les différentes méthodes permettant de mesurer le niveau d'eau de ces cuves avec précision.

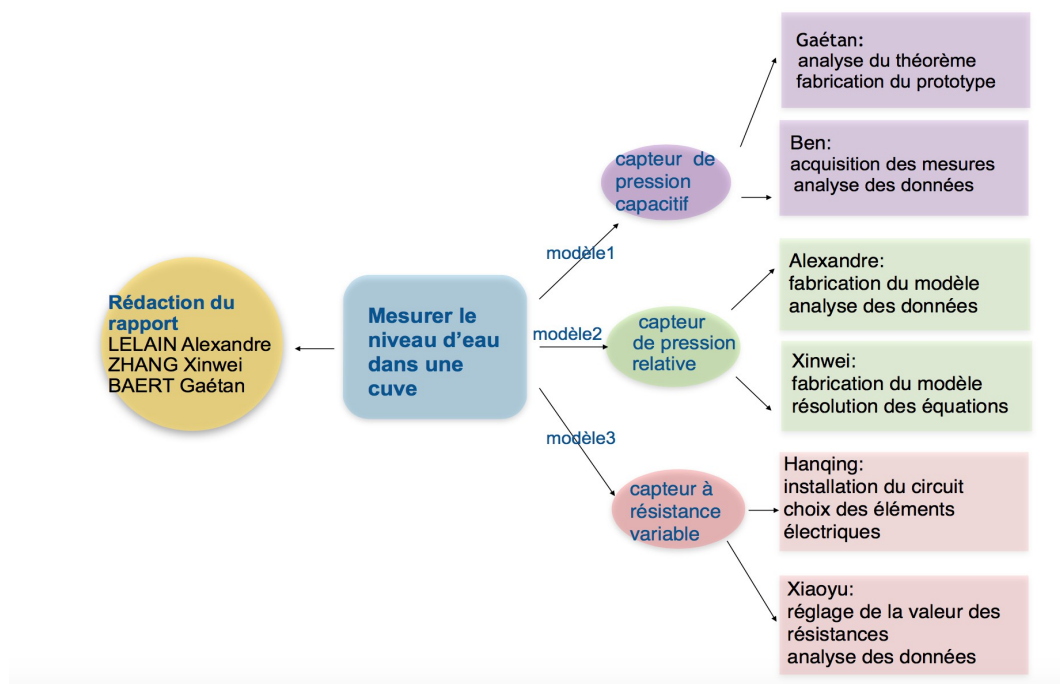
L'objet de ce rapport sera donc dans un premier temps d'explorer diverses techniques de mesure du niveau d'eau d'une cuve, puis enfin de les comparer afin de proposer le modèle le plus juste et efficace.

Le niveau d'eau dans une cuve peut paraître facile à mesurer dans un premier temps, comme par exemple avec l'utilisation manuelle d'une règle . Mais ce qui nous intéresse le plus ici est d'obtenir cette valeur automatiquement, simplement et avec une précision irréprochable, en tenant compte des divers obstacles que peuvent constituer la forme d'un tuyau, la profondeur de la cuve, la présence d'interférences, l'imprécision sur les mesures ,...

En STPI2 il nous à été demandé de réaliser un projet de physiques dans le but de mettre en application l'enseignement qui nous à été fourni. Le sujet est choisi selon notre préférence.

Après avoir fixé les trois modèles que nous avons jugés les plus viables, nous avons enfin pu débiter les expériences qui permettront d'apporter une réponse à la question. Afin de simplifier les expériences ,nous utiliserons une poubelle dans le laboratoire qui est sous la forme d'un cylindre , parfaitement assimilable à une cuve.

## 2. MÉTHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL



### 3. TRAVAIL RÉALISÉ ET RÉSULTATS

#### 3.1. Mesure à l'aide d'un capteur de pression relative

##### 3.1.1. Introduction du système



*Illustration 1: Capteur de pression DS-MOD-10V*

La première étape de ce montage consistait à fixer le capteur à la cuve. Nous avons percé la cuve d'un trou de 8mm de diamètre, correspondant au diamètre de l'embout du capteur, puis nous avons attaché la carte électronique connectée au capteur à la cuve. Il faut reconnaître que ce système manque d'ergonomie.

Les branchements du capteur sont les suivants :

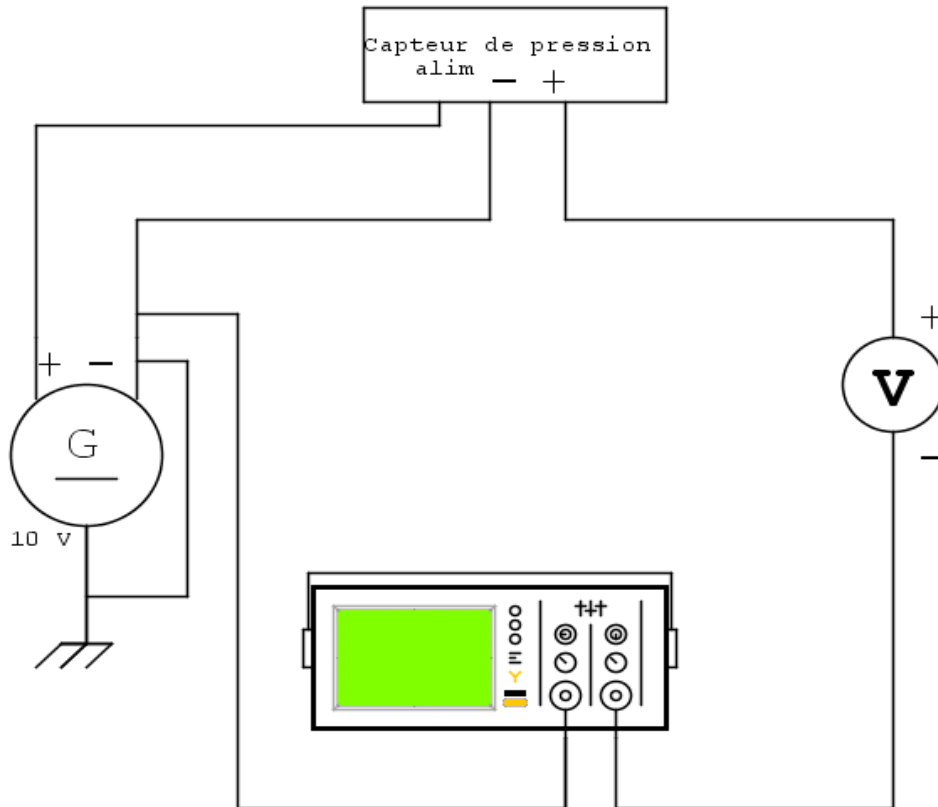


Illustration 2: Système avec le capteur de pression

### 3.1.2. Expérience

Afin d'alimenter le capteur, nous utilisons un générateur que nous brancherons sur 10V . Nous relierons enfin ce dernier à un oscilloscope afin d'observer le signal obtenu et à un voltmètre pour relever les variations de tensions en fonction du volume d'eau que l'on verse dans la cuve. Nous pouvons visualiser le signal suivant :

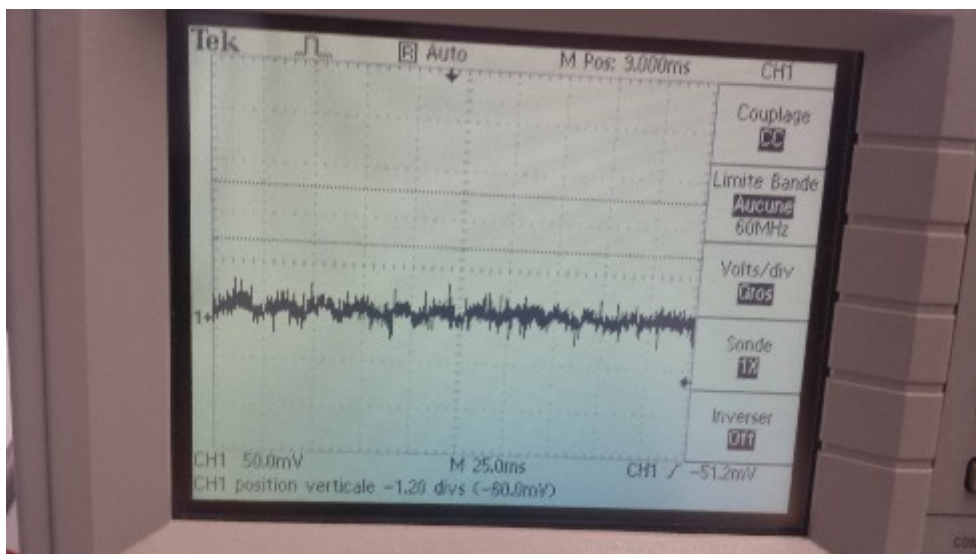


Illustration 3: Signal obtenu sans filtre



La tension se stabilise vers 50 mV, ce qui est assez faible, rendant ainsi le traitement de ce signal trop imprécis. Nous allons donc amplifier le signal pour pouvoir le traiter correctement. Nous utiliserons un amplificateur non-inverseur.

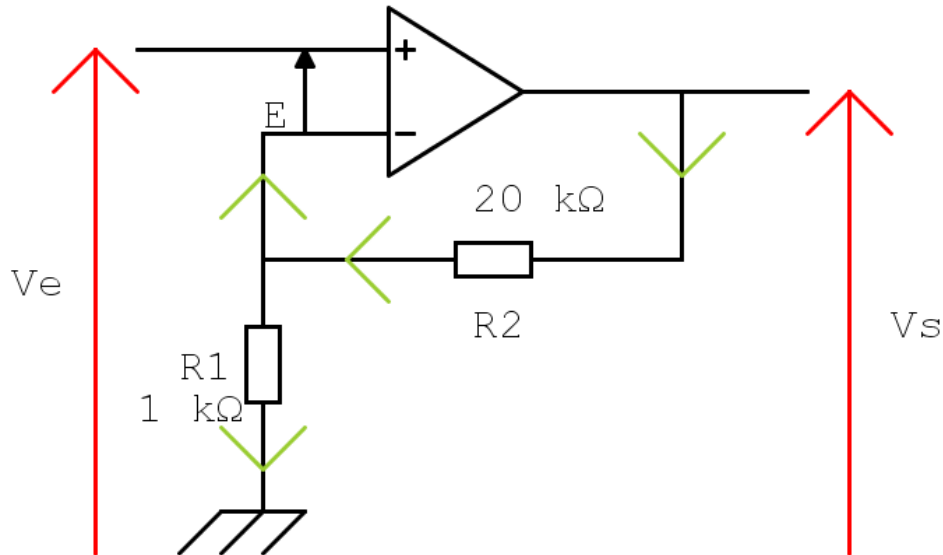


Illustration 4: Amplificateur non-inverseur

Calculons le rapport entre Vs et Ve :

**Loi des mailles :**

$$V_e - E - UR_1 = 0 \text{ (ici } E=0\text{)}$$

$$V_s - UR_1 - UR_2 = 0$$

**Loi d'Ohm :**

$$UR_1 = R_1 * i$$

$$UR_2 = R_2 * i$$

**On a donc :**

$$UR_1 = V_e \text{ soit}$$

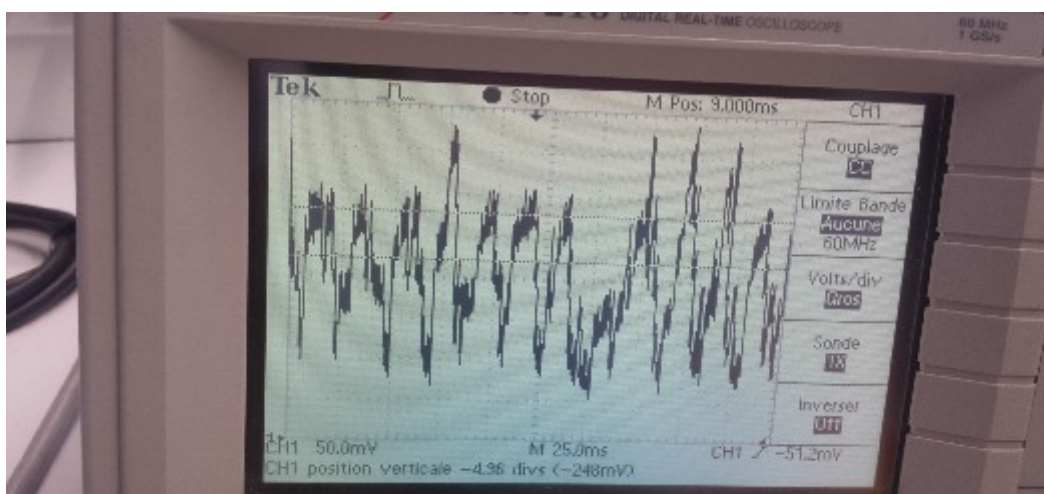
$$i = \frac{V_e}{R}$$

$$V_s = (R_1 + R_2) * i$$

$$= \frac{R1 + R2}{R1} * V_e$$

Donc **Vs = 21 \* Ve**

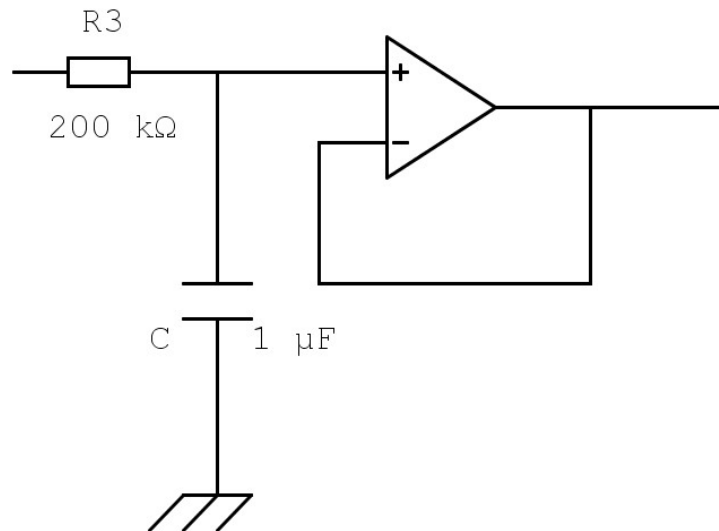
Une amplification du signal entraîne forcément l'amplification des éventuels parasites ; et en effet le signal que l'on obtient est très parasité !



*Illustration 5: Observation du signal parasité*

Ces parasites sont sûrement créés par les différentes machines en fonctionnement dans le laboratoire (néons, appareils de mesures, ordinateurs,...) .

Afin de les éliminer, nous allons insérer un filtre passe-bas après l'amplificateur :



Calculons sa Fréquence de coupure :

on choisit R3 = 200 kOhm et C = 1 uF :

$$F_c = \frac{1}{2\pi * R3 * C}$$

$$= \frac{1}{2\pi * 200 * 10^3 * 1 * 10^{-6}}$$

Fc = 0,8 Hz

Fc = 0,8 Hz, donc seules les fréquences inférieures à 0,8 Hz pourront passer dans notre montage , réduisant du même coup la plupart des parasites dont la fréquence était supérieure à 0,8 Hz. Voyez vous-mêmes :

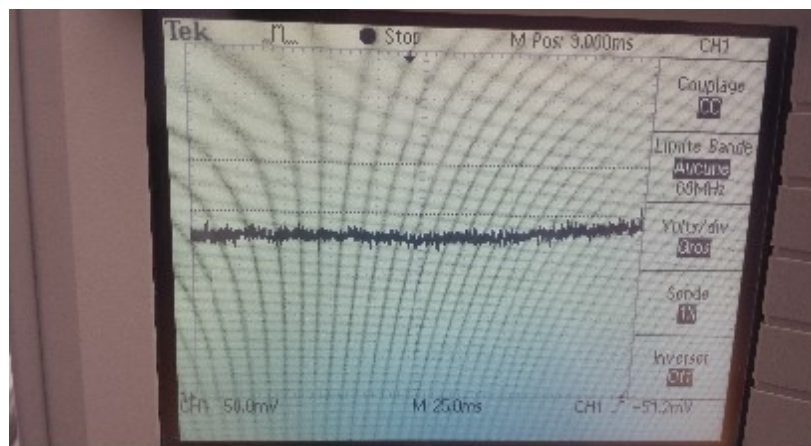
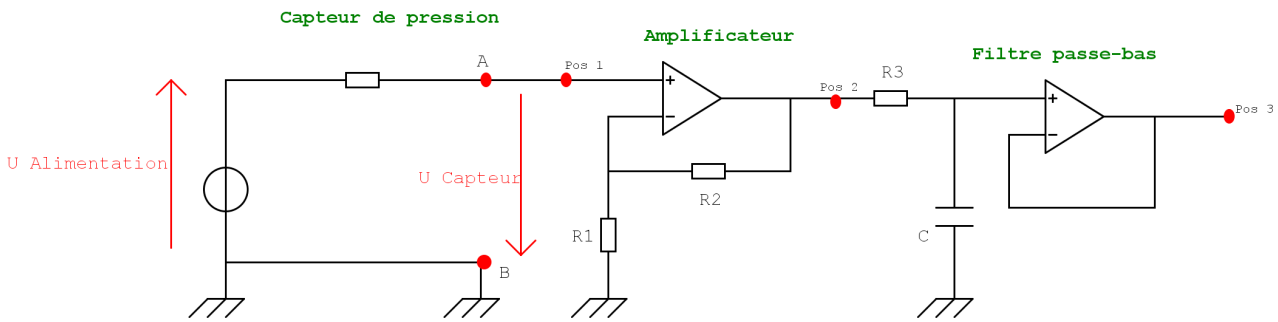


Illustration 6: Signal amélioré

Le signal obtenu est très stable et les parasites semblent avoir effectivement été éliminés.

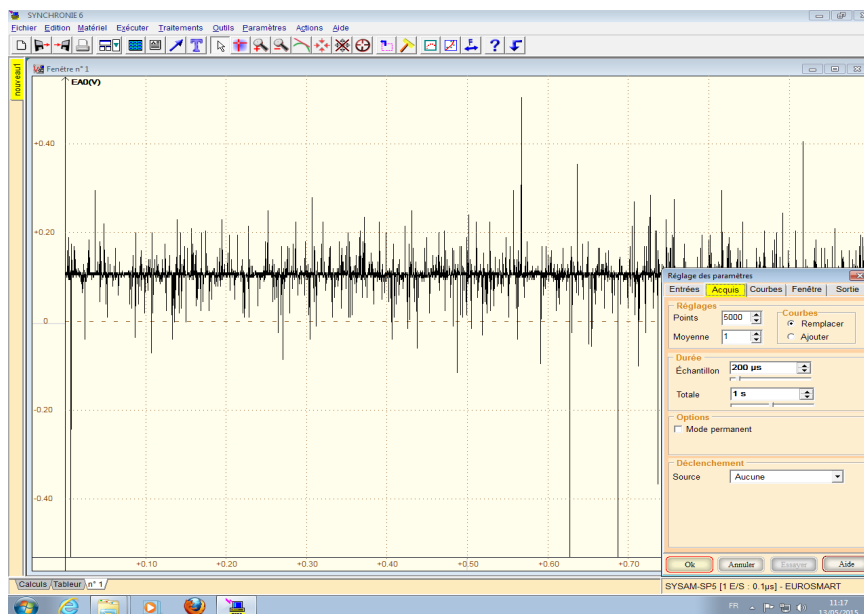
Voici le montage final de notre système :



### 3.1.3. Traitement du signal

Maintenant que notre montage est relativement fiable , nous allons pouvoir commencer les mesures. Nous utiliserons le logiciel Synchronie pour pouvoir calculer le modèle souhaité ( c'est à dire une relation mathématique entre le niveau de l'eau et la tension délivrée par le capteur ) .

Dans un premier temps, nous capturons un échantillon du signal à traiter :



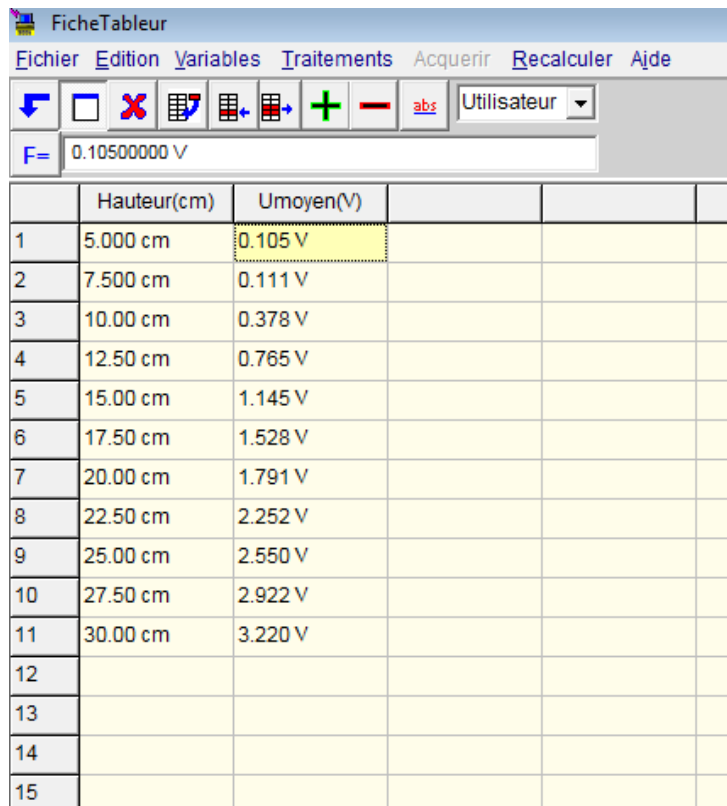
Nous remarquons dans un premier temps que le signal obtenu possède quand même encore des parasites et n'est pas très sinusoïdal.

Pour calculer le niveau d'eau de cette dernière , nous avons besoin de la mesure en cm entre le bas de la cuve et la surface de l'eau, correspondent donc à la hauteur du cylindre représentée par la cuve.

Pour cela, nous avons annoté différents niveaux à l'intérieur de la cuve pour relever la hauteur au fur et à mesure que l'on verse l'eau . Nous avons découpé cette hauteur en 11

niveaux, allant de 5 cm à 30 cm , et nous avons relevé la tension délivrée par le capteur tout les 2,5 cm . Notre première mesure de tension commencera donc à 5cm d'eau, notre Deuxième à 7,5 cm et ceci jusqu'à 30 cm.

Cela nous fait donc 11 mesures que vous pouvez visualiser ci dessous :



	Hauteur(cm)	Umoyen(V)			
1	5.000 cm	0.105 V			
2	7.500 cm	0.111 V			
3	10.00 cm	0.378 V			
4	12.50 cm	0.765 V			
5	15.00 cm	1.145 V			
6	17.50 cm	1.528 V			
7	20.00 cm	1.791 V			
8	22.50 cm	2.252 V			
9	25.00 cm	2.550 V			
10	27.50 cm	2.922 V			
11	30.00 cm	3.220 V			
12					
13					
14					
15					

*Illustration 7: Mesures relevées*

Finalement , nous avons modélisé ces valeurs :

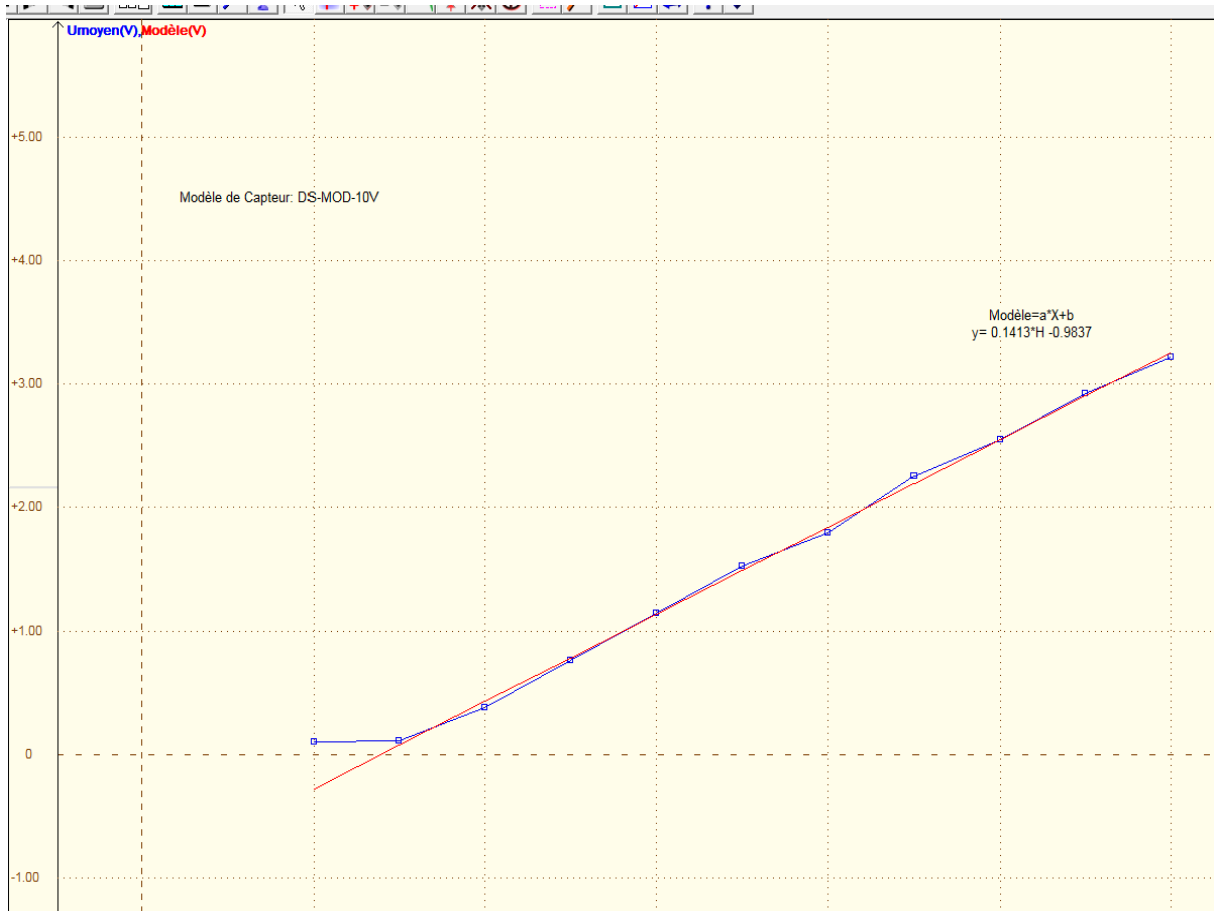


Illustration 8: Modèle linéaire

A notre grande et heureuse surprise, cette modélisation prouve que la tension délivrée par le capteur est linéairement proportionnelle à la hauteur du niveau d'eau de la cuve !

Nous effectuons ensuite une régression linéaire pour pouvoir obtenir un modèle encore plus précis. Vous remarquerez que nous avons enlevé la première valeur pour la régression, car elle faussait le modèle. Cela est sûrement dû au niveau d'eau minimal que le capteur a besoin avant de pouvoir effectuer des mesures précises.

Le modèle obtenu est le suivant :

$$U = 0,413 * h - 0,9837$$

avec U la tension relevé en Volts et la hauteur en cm.

Soit :

$$h = \frac{U + 0.9837}{0.413}$$

## 3.2. Mesure avec capteur de pression capacitif

### 3.2.1. Principe de fonctionnement

#### 1 Le condensateur

L'idée du capteur capacitif est d'utiliser un condensateur géant (deux plaques de métal en face l'une de l'autre) orthogonal au niveau d'eau, de manière à ce que l'eau s'immisce entre les 2 plaques.

En effet, la capacité d'un condensateur dépend du milieu séparant les 2 plaques.

On trouve l'équation suivante :

$$C = \frac{S \times \varepsilon_0 \times \varepsilon_r}{e}$$

où  $\varepsilon_0$  est la permittivité du vide,  $\varepsilon_r$  la permittivité relative du milieu,  $S$  la surface du condensateur, et  $e$  la distance entre les deux plaques.  $\varepsilon_r$  vaut environ 80 pour l'eau et 1 pour l'air, la valeur de la capacité avec un condensateur totalement sous l'eau est 80 fois plus importante que totalement dans l'air.

Quand le condensateur est en partie plongé sous l'eau, il agit alors comme deux condensateurs en série :  $C_{total} = C_{eau} + C_{air}$ , ce qui nous donne avec :

$$S_{eau} = l \times h_{eau} \quad \text{et} \quad S_{air} = l \times h_{total} - h_{eau} :$$

$$C_{total} = \frac{l \times \varepsilon_0}{e} (h_{eau} \varepsilon_{r_{eau}} + (h_{total} - h_{eau}) \varepsilon_{r_{air}})$$

$$C_{total}(h_{eau}) \approx \frac{l \times \varepsilon_0}{e} (79 h_{eau} + h_{total})$$

Mais notre but, c'est d'avoir  $h_{eau}$ .

$$h_{eau} = \frac{1}{79} \left( \frac{C_{total} \times e}{l \times \varepsilon_0} - h_{total} \right)$$

#### 2 L'oscillateur à relaxation

Reste à trouver comment calculer la capacité du condensateur. Pour ce faire, nous avons décidé d'utiliser un oscillateur à relaxation : avec cet oscillateur, à la sortie de l'oscilloscope, on obtient la fréquence en fonction de la capacité de  $C$ .

$$f(C) = \frac{R_2}{4R_1 RC}$$

En remplaçant  $C$  par  $C_{total}$  on obtient la fréquence en fonction de la hauteur d'eau:

$$f(h_{eau}) = \frac{R_2 e}{4 R_1 R \epsilon_0 l (79 h_{eau} + h_{total})}$$

Par cette équation, on peut donc obtenir la hauteur d'eau en fonction de la fréquence : on sera ainsi capable de mesurer le niveau d'eau.

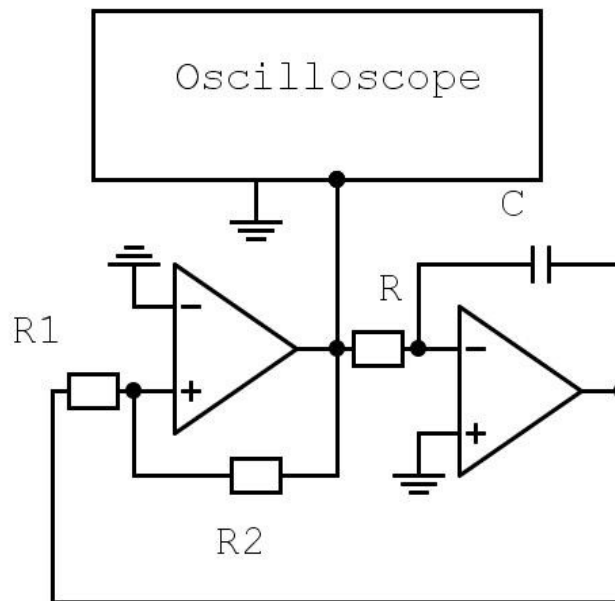


Illustration 9: l'oscillateur à relaxation

$$h_{eau}(f) = \frac{1}{79} \left( \frac{R_2 e}{4 R_1 R f \epsilon_0 l} - h_{total} \right)$$

En simplifiant :  $h_{eau}(f) = \frac{A}{f} + B$ , avec  $A$  et  $B$  constantes dépendantes du circuit et de la taille du condensateur (sa longueur, sa hauteur, l'écart entre les deux plaques). Plus la hauteur d'eau augmente, plus la fréquence diminue :  $h_{eau}(f)$  s'approche d'une fonction inverse.

### 3.2.2. L'expérience

Notre expérience s'est déroulée en 2 étapes : tout d'abord la fabrication du prototype, puis l'acquisition des mesures.



## La fabrication

Pour réaliser le condensateur, nous avons utilisé 2 plaques cuivrées en surface de .

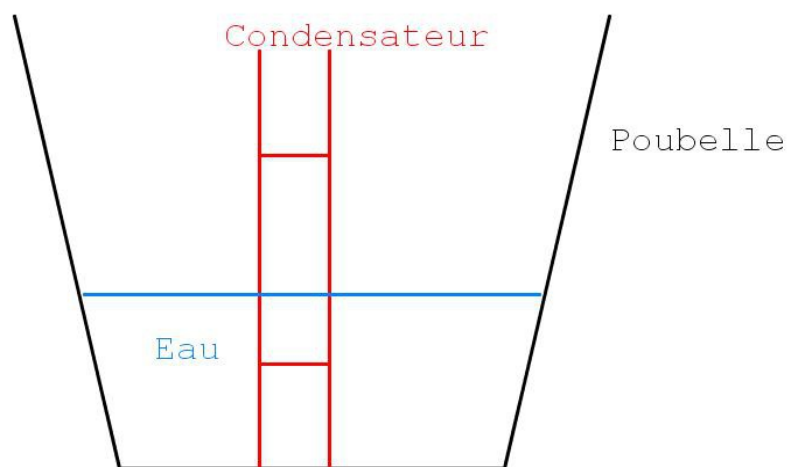
Nous avons soudé un fil en haut de chacune des plaques, afin de connecter le futur condensateur au circuit ondulatoire.

Après vernissage des plaques, nous les avons collées l'une à l'autre, séparées par des XXX, à l'aide de colle et de scotch. Nous avons ensuite jaugé le condensateur, afin de créer une échelle de mesures étalon.

On a ensuite réalisé le montage de l'oscillateur à relaxation.

## L'acquisition

Dans une poubelle (sans trous), nous avons posé notre condensateur de manière à ce que sa longueur soit orthogonale au fond de la poubelle. Pour plus de stabilité, nous l'avons bloqué à l'aide d'une pince et d'un trépied. Après mise sous tension du circuit oscillatoire et de l'oscilloscope, nous avons commencé à remplir graduellement la poubelle (de centimètre en centimètre) afin de relever les valeurs de fréquences données par l'oscilloscope et ainsi créer une échelle étalon.



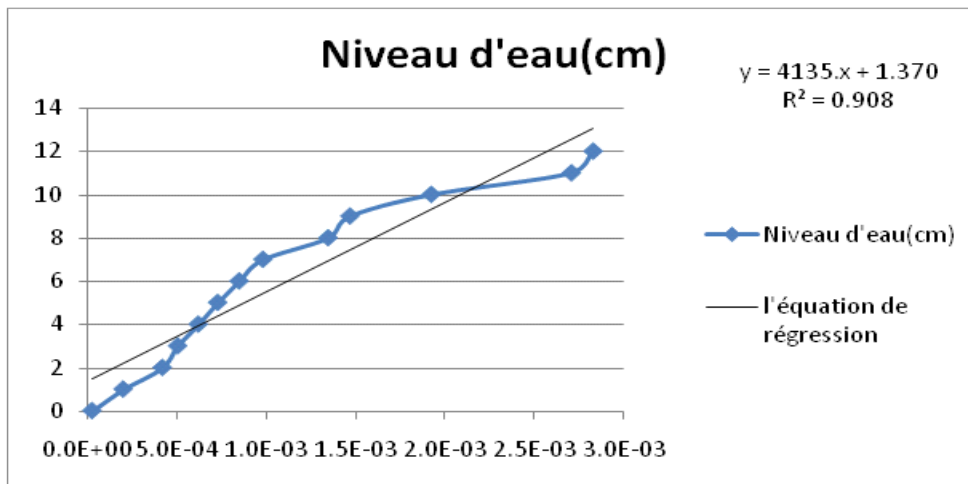
*Illustration 10: Schéma de la poubelle*

### 3.2.3. Mesures et résultats

Chaque fois qu'on élève le niveau d'eau, on note la valeur de la fréquence et calcule l'inverse de la fréquence :

Niveau d'eau (cm)	Fréquence (Hz)	1/f
0	44000	2.3E-05
1	5100	2.0E-04
2	2410	4.1E-04
3	1996	5.0E-04
4	1622	6.2E-04
5	1380	7.2E-04
6	1183	8.5E-04
7	1022	9.8E-04
8	745	1.3E-03
9	683	1.5E-03
10	521	1.9E-03
11	370	2.7E-03
12	354	2.8E-03

Effectuons la régression :



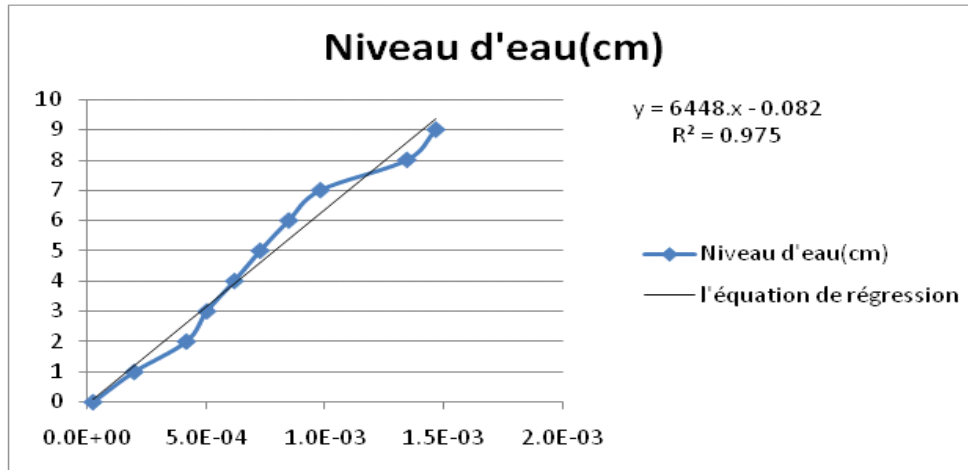
On compare l'équation de régression avec

$$h_{eau}(f) = \frac{1}{79} \left( \frac{R_2 e}{4 R_1 R f \epsilon_0 l} - h_{total} \right)$$

En simplifiant :  $h_{eau}(f) = \frac{A}{f} + B$

Donc A=4135, B=1.370. Or  $B = \frac{-1}{79} h_{total}(f) < 0$ .

En considérant que pendant la mesure de la fréquence pour les niveaux d'eau=10,11 et 12, la fréquence s'élevait très lentement, ce qui ne pouvait pas donner une valeur stable, c'est pourquoi on supprime ces trois valeurs et obtient une nouvelle équation de régression :



Où  $A=6448$ ,  $B=-0.082 < 0$  avec  $R^2=0.975$ . C'est à dire que cette équation de régression est plus logique.

### 3.2.4. Conclusion

Comme on pouvait s'y attendre à la vue du modèle théorique, le système est beaucoup plus précis dans les petites quantités d'eau : En effet, le modèle en fonction inverse fait qu'il y a une grande plage de fréquences pour les petites hauteurs et une petite plage de fréquence pour les grandes hauteurs.

Nous avons eu quelques difficultés lors de l'exécution de l'expérience à cause du vernissage qui n'était pas parfait : on avait de ce fait des courts-circuits quand le condensateur était dans l'eau. C'est pourquoi nous n'avons pu faire un étalon que sur les 13 premiers centimètres, le court-circuit arrivant juste après. Du coup, il est possible d'améliorer le prototype via une réfection propre du vernis.

## 3.3. Modèle avec capteur à résistance variable

### 3.3.1. Le but d'expérimentation

Ce dispositif peut se servir de tous les principes physiques et électriques, et les pièces nécessaires sont choisies parmi toutes celles conservées dans le laboratoire. On choisit un modèle électrique qui utilise des résistances, des rhéostats, des amplificateurs, des multimètres et des fils. Ce modèle utilise les connaissances étudiées en P3 en STPI 1. nous avons également des examens à faire pour trouver le système optimal.

### 3.3.2. Contenu d'étude

Pour réaliser cette expérimentation, on réalise un mécanisme constitué un flotteur relié à une résistance variable rotative. La valeur de la résistance varie avec l'angle de rotation induite par la hauteur du flotteur. On installe un circuit électrique utilisant cette résistance, afin que la tension en sortie représente la variation du niveau d'eau.

Afin de montrer le résultat plus intuitivement, on vise à réaliser cette relation entre la résistance du capteur et la tension en sortie :

$$U_s = a \cdot \theta$$

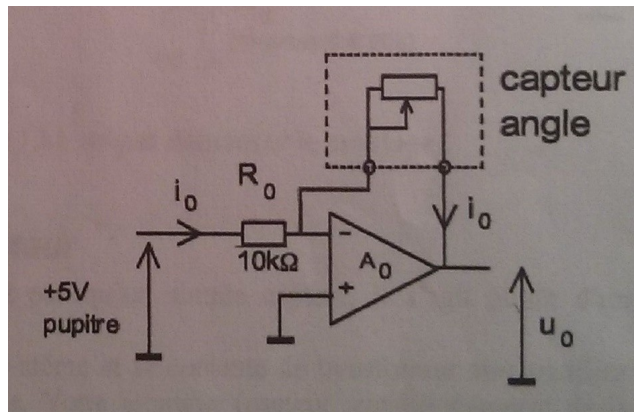


Illustration 11: Le circuit à gauche avec la poulie

On construit un circuit électrique simple en utilisant un amplificateur une résistance et le capteur d'angle, voir le montage ci-dessus. L'objectif de cette étape est la conversion de la résistance.

On fait tourner la roue de la résistance et on note la variation de tension avec l'angle de rotation. On relève, au tableur de l'ordinateur,  $U_0$  en fonction de  $\theta$  de  $0^\circ$  à  $360^\circ$ .

On trouve

$$U_0 = a \cdot \theta + b \quad (a = -0,00148, b = 0.00399)$$

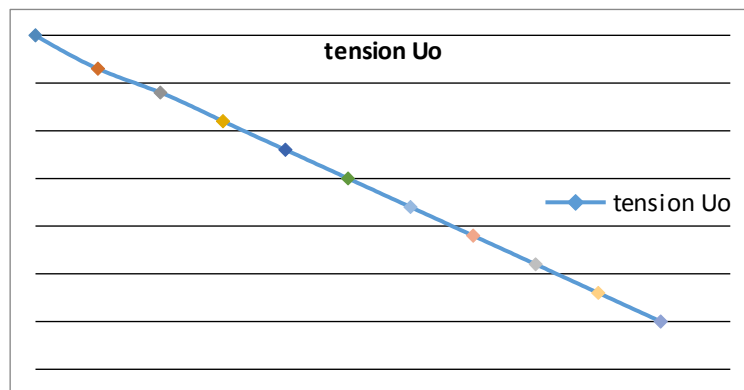


Illustration 12: relation entre  $U_0$  et l'angle de la poulie

Ce qui ne satisfait pas notre souhait d'obtention d'une fonction linéaire ( $U_s = a \cdot \theta$ ).  
 Donc, il faut ajouter la correction affine pour réaliser la chaîne de mesure complète.

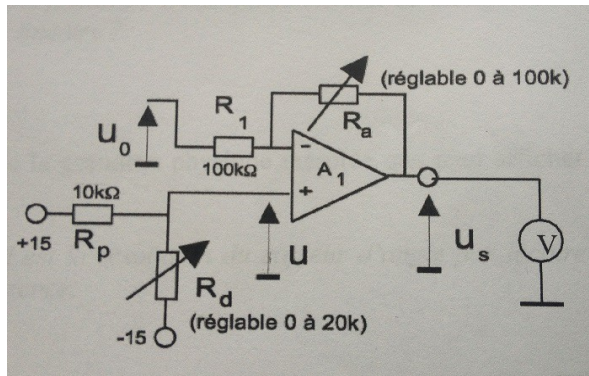


Illustration 13: Le circuit affiné à droite

On cherche à trouver les valeurs des résistances réglables  $R_a$  et  $R_d$ , qui nous permettent de réaliser la relation idéale entre  $U_s$  et  $\theta$ .

Après plusieurs essais, on trouve:

$$R_a = 67,41 \text{ k}\Omega, R_d = 9,95 \text{ k}\Omega$$

On fixe ces deux valeurs et on relève  $U_s$  en fonction de  $\theta$ , on trouve □

$$U_s = a \times \theta \quad (a = 0.001)$$

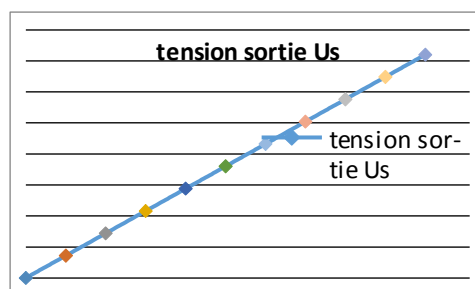
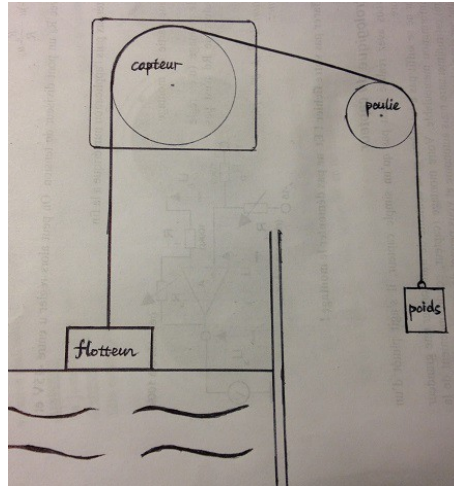


Illustration 14: Nouvelle relation entre  $U_o$  et l'angle de la poulie

### Explication mécanique

La partie mécanique du système est expliquée sur le dessin ci-dessous. La masse du flotteur et du poids est presque la même pour que les deux côtés de poulie soient toujours en équilibre.

En plus du capteur, on ajoute une autre poulie pour éloigner le poids la cuve, ça nous permet d'éviter le frottement entre le poids et la paroi.



*Illustration 15: Le système de poulie amélioré*

### 3.3.3. Mesure du niveau d'eau

On vise à mesurer le niveau d'eau dans une cuve, on peut simplement utiliser les données de voltmètre à exprimer la variation de niveau d'eau.

Le capteur d'angle dans l'expérimentation se consiste d'un poulie-circuit. La variation de hauteur du flotteur peut être représenté par l'angle de rotation de la poulie.

$$h = r \cdot \alpha$$

( $\alpha$ : angle de rotation en rad,  $r$ : rayon de poulie du capteur )

$$\alpha = \pi \times \frac{\theta}{180}$$

On a trouvé  $U_s = a \cdot \theta$  déjà, donc

$$\theta = \frac{U_s}{a}$$

Puis :

$$h = \frac{(\pi \times U_s \times r)}{(180 \times a)}$$

$$h \approx 0.436 U_s$$

### 3.3.4. Étude théorique

L'installation électrique contient deux amplificateurs. Le premier amplificateur se sert à convertir la valeur de la résistance en tension. Après cette étape,

$$U_o = -U_e \times \left( \frac{R_c}{R_o} \right)$$

( $U_o$  : tension en sortie du premier amplificateur,  $U_e$  : tension en entrée,  $R_c$  : résistance du capteur)

$U_o$  et  $R_c$  ont une relation linéaire. Mais elle n'est pas démontrée par notre expérimentation. Par ailleurs, on trouve

$$U_o = a \times \theta + b$$

en appliquant le montage simple avec un seul amplificateur.

Pour réaliser une relation linéaire, il nous faut ajouter un autre montage d'adaptation pour éliminer le décalage.

L'ajout d'un amplificateur nous permet de résoudre ce problème. Le montage additionnel est comme la figure 2(dessus). Théoriquement, on peut écrire

$$U_s = \left( 1 + \frac{R_a}{R_1} \right) \times u - \left( \frac{R_a}{R_1} \right) \times U_o$$

En simplifiant :

$$U_s = x + yU_o$$

Donc, le décalage peut être éliminé par le réglage des valeurs de  $u$  et  $R_a$  (ou de  $R_a$  et  $R_d$ )

### 3.3.5. Procédé d'expérimentation

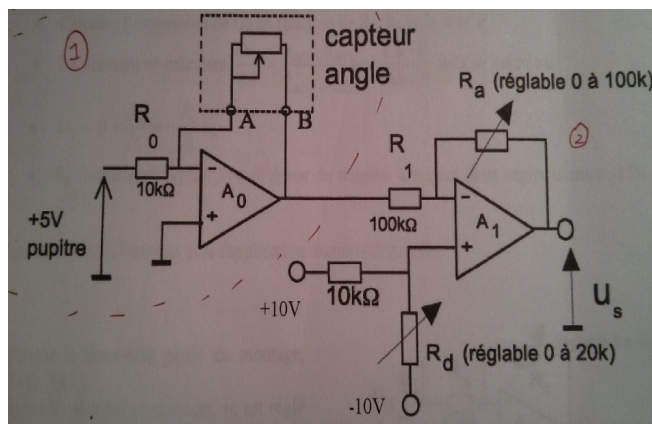


Illustration 16: Le circuit intégral

Le dessin électronique est présenté ci-dessus. Il consiste en deux parties.

La partie à gauche convertit de la résistance en tension. Dans cette expérimentation, on remplace le capteur d'angle par une poulie spéciale. Un fil fin (poids et frottement négligeable) est enroulé sur cette poulie. à un bout du fil est attaché un poids (un écrou en fait) et à l'autre un cube de plastique cellulaire. On a  $M(\text{poids})=M(\text{cube})$  donc le système est en équilibre. Dans ce cas, la résistance de la poulie peut changer lorsqu'elle tourne et peut alors servir de capteur d'angle.

Ensuite, pour mesurer le niveau d'eau, on met le bout du fil avec le cube dans un seau et on s'arrange pour garder les deux extrémités à la même hauteur. Quand de l'eau est versée dans le seau (sans toucher le cube), le cube peut alors flotter et la poulie tourne corrélativement, ainsi la variation de la résistance de la poulie peut être détectée.

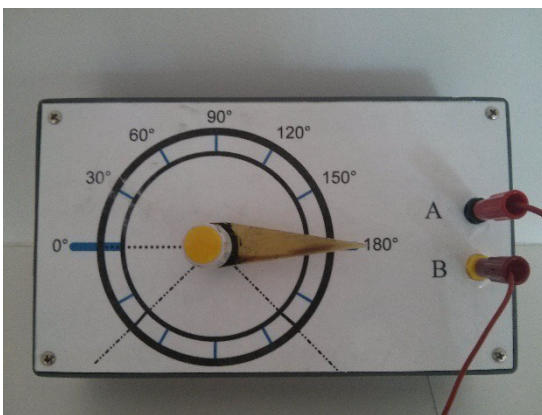


Illustration 18: Capteur d'angle



Illustration 17: Poulie

En effet la valeur de tension qui sort au point B n'est pas précise, alors on ajoute la partie à droite, qui est une correction affine pour réaliser la chaîne de mesure complète. Donc à condition de bien ajuster les rhéostats, il ne reste plus qu'à mesurer le voltage  $U_s$  en utilisant un multimètre

Par ailleurs, afin de trouver une relation linéaire pour simplifier le résultat, on fait une modification avant la mesure.

#### Étape 1

On place le rhéostat  $R_d$  (réglable de 0 à 20k) sur 20k. Ensuite on connecte un multimètre à  $R_{ab}$  (le capteur angle) et un autre pour mesurer  $U_s$ .

#### Étape 2

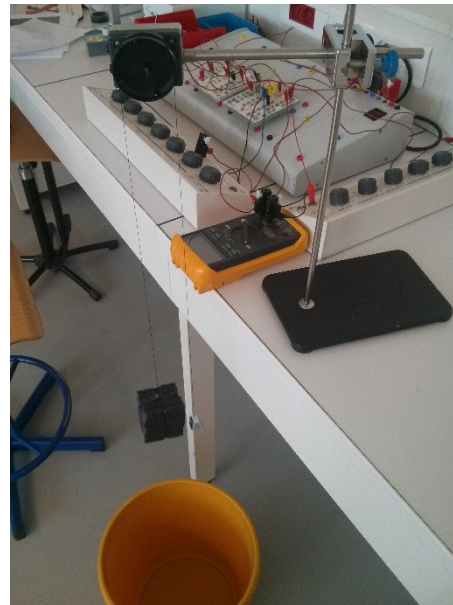
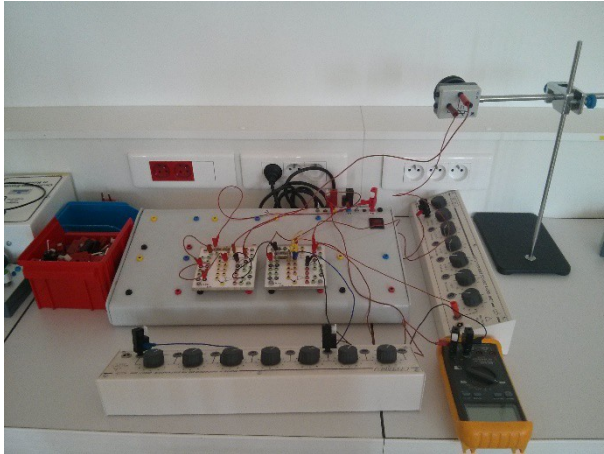
On modifie le rhéostat  $R_a$  peu à peu jusqu'à trouver la relation linéaire  $U_s = a \cdot \theta$ . Ici  $a$  est un nombre réel et  $\theta$  est l'angle du capteur. Dans le cas où on ne la trouve pas, on modifie  $R_d$  et on réessaye.

### 3.3.6. méthode de calcul



D'après les étapes au-dessus, on a à la fin la valeur de l'angle, or on connaît déjà le rayon de la poulie. Donc on obtient le niveau d'eau :

$$L = 2\pi r \times \frac{\theta}{360}, \theta \in [0^\circ; 360^\circ]$$



### 3.3.7. Conclusion de l'expérience

Pour réaliser cette expérimentation, il nous a fallu utiliser nos connaissances sur l'électricité. Donc c'est une occasion d'appliquer les compétences que nous avons pu acquérir durant le cours de P3. - Cette expérimentation nous a aussi fait comprendre l'importance de consulter des cas similaires. Grâce aux références que M.Guillot nous a données, nous avons pu proposer une idée originale. Et nous remercions M.Guillot pour sa patience concernant nos questions. - Cette expérimentation débouche sur une installation mécanique, nous avons donc dû réaliser de nombreux travaux manuels, une chose que l'on n'a pas l'habitude de faire.

## 4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Ce projet a été très enrichissant, tant sur le plan professionnel que personnel. Il nous a en effet permis d'associer théorie et pratique, et de mettre en application les connaissances que l'on a acquises au cours de notre formation d'ingénieur.

Nous avons dû apprendre à gérer notre temps de travail et la bonne répartition de ce dernier. Nous avons également appris à nous adapter à nos collègues de travail. En effet, personne ne se connaissait au début du projet comme il nous a été attribué au hasard. De plus, ce projet a constitué un véritable défi pour les étudiants étrangers car ils ont dû associer la maîtrise de la langue française avec le vocabulaire technique des expériences.

Pour conclure, le développement de ce projet à été satisfaisant, le temps était adéquat pour tout terminer, le résultat final que nous avons obtenu nous a semblé précis et apportant une vraie réponse à la problématique du sujet.

Nous tenons à remercier monsieur Guillotin qui nous a guidé tout au long du projet en nous soutenant ,notamment dans les choix de l'équipement, des logiciels pour des différents blocs de mesures ainsi que dans le rapport.

## 5. BIBLIOGRAPHIE

<https://www.livementor.com/esprit-concours/PSI/Physique/fiche/Electronique-Oscillateurs-a-relaxation.11/05/2015>

[http://www.conrad.fr/ce/fr/category/SHOP\\_AREA\\_14741/Capteur.25/04/2015](http://www.conrad.fr/ce/fr/category/SHOP_AREA_14741/Capteur.25/04/2015)

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Multim%C3%A8tre>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Amplifier>