

Capteurs et mesures de terrain : Mesure du niveau d'eau dans un réservoir

I – La réponse à la problématique

Dans le cadre du cours, nous avons mis en place un capteur visant à mesurer la hauteur de l'eau dans un réservoir, en l'occurrence, un bac en plastique. Ce dispositif est équipé d'une alarme visuelle, une LED, qui s'active lorsque la hauteur dépasse un seuil critique. L'objectif est d'alerter l'utilisateur en cas de risque de débordement du bac.

Avec les spécifications du capteur, celui-ci peut être utilisé pour mesurer la hauteur de l'eau dans une cuve allant jusqu'à 4 mètres de profondeur. Cette fonctionnalité le rend potentiellement utile à des fins de gestion et de sécurité pour les industriels, notamment dans les secteurs du traitement de l'eau, le niveau des barrages ou encore le monitoring de système fluviaux. De plus il offre la possibilité d'établir plusieurs niveaux d'alarme, améliorant ainsi la flexibilité et l'adaptabilité du système.

II – L'analyse des données

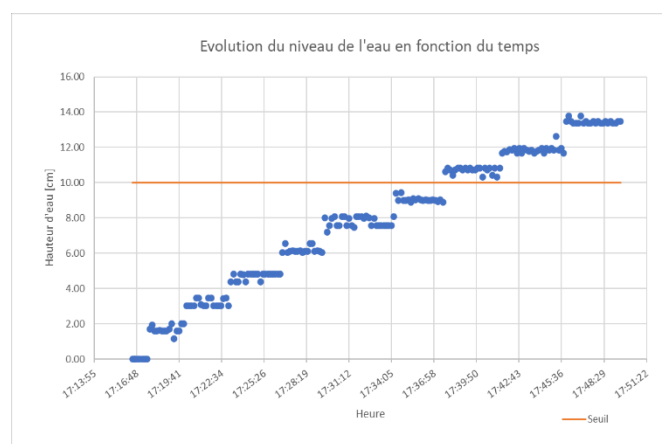
A l'issue de la prise de mesure, les données sont stockées dans une carte SD dans un fichier "Results" en format CSV. Nous obtenons alors les données brutes suivantes que nous transformons ensuite sur Excel pour pouvoir les exploiter :

A	B
1	Date,Heure,Hauteur,Danger
2	2023-12-11,17:16:30,0.00,1
3	2023-12-11,17:16:37,0.00,1
4	2023-12-11,17:16:40,0.00,1
5	2023-12-11,17:16:50,0.00,1
6	2023-12-11,17:17:00,0.00,1
7	2023-12-11,17:17:10,0.00,1
8	2023-12-11,17:17:20,0.00,1
9	2023-12-11,17:17:30,0.00,1
10	2023-12-11,17:17:40,1.69,1
11	2023-12-11,17:17:50,1.93,1
12	2023-12-11,17:18:00,1.59,1
13	2023-12-11,17:18:10,1.59,1
14	2023-12-11,17:18:20,1.62,1
15	2023-12-11,17:18:30,1.59,1
16	2023-12-11,17:18:40,1.59,1
17	2023-12-11,17:18:50,1.59,1
18	2023-12-11,17:19:00,1.69,1
19	2023-12-11,17:19:10,2.02,1
20	2023-12-11,17:19:20,1.16,1
21	2023-12-11,17:19:30,1.59,1
22	2023-12-11,17:19:40,1.59,1
23	2023-12-11,17:19:50,2.00,1
24	2023-12-11,17:20:00,2.02,1
25	2023-12-11,17:20:10,3.03,1
26	2023-12-11,17:20:20,3.03,1
27	2023-12-11,17:20:30,3.03,1



	A	B	C	D
1	Date	Heure	Hauteur	Danger
2	11.12.2023	17:16:30	0	1
3	11.12.2023	17:16:37	0	1
4	11.12.2023	17:16:40	0	1
5	11.12.2023	17:16:50	0	1
6	11.12.2023	17:17:00	0	1
7	11.12.2023	17:17:10	0	1
8	11.12.2023	17:17:20	0	1
9	11.12.2023	17:17:30	0	1
10	11.12.2023	17:17:40	1.69	1
11	11.12.2023	17:17:50	1.93	1
12	11.12.2023	17:18:00	1.59	1
13	11.12.2023	17:18:10	1.59	1
14	11.12.2023	17:18:20	1.62	1
15	11.12.2023	17:18:30	1.59	1
16	11.12.2023	17:18:40	1.59	1
17	11.12.2023	17:18:50	1.59	1
18	11.12.2023	17:19:00	1.69	1
19	11.12.2023	17:19:10	2.02	1
20	11.12.2023	17:19:20	1.16	1
21	11.12.2023	17:19:30	1.59	1
22	11.12.2023	17:19:40	1.59	1
23	11.12.2023	17:19:50	2	1
24	11.12.2023	17:20:00	2.02	1
25	11.12.2023	17:20:10	3.03	1
26	11.12.2023	17:20:20	3.03	1
27	11.12.2023	17:20:30	3.03	1

A partir du tableau de droite, nous avons pu réaliser le graphique suivant montrant l'évolution du niveau d'eau en fonction du temps :



Malgré la variabilité de certaines mesures notamment vers 2 cm, 3 cm et 8 cm, le graphique montre bien l'efficacité du dispositif après chaque ajout d'eau supplémentaire. Les mesures prises par le capteur sont comprises à ± 0.3 cm des mesures effectuées avec la règle graduée standards. Enfin la LED rouge s'allumait bien lorsque la hauteur dépassée le seuil de 10 cm que nous avons programmé.

III – Les limitations

Le dispositif de mesure présente néanmoins quelques limitations que nous avons identifiées. Par rapport à sa conception, il comporte en effet une certaine fragilité en raison de l'occupation du pin GND par trois broches mâles, celles de la LED, du E et du VSS de l'écran LCD, le rendant sensible aux secousses. A ce titre, le capteur est sensible aux vibrations de la table et des ondulations de l'eau générées lors de l'ajout de l'eau. Due à ces interférences, le capteur met un certain temps à se stabiliser affectant la précision des résultats.

La mise en place manuelle à chaque session de mesure est requise, ce qui peut introduire des variations potentielles dans les résultats.

Enfin nous avons constaté des biais de mesure qui augmente avec la hauteur, l'hypothèse étant que le retour de l'écho est de plus en plus court et que la captation de l'écho doit se faire de plus en plus rapidement. Toutefois ces derniers ont été pris en considérations dans le code avec des ajustements de la distance en fonction de la hauteur mesurée permettant d'avoir une exactitude entre ± 0.3 cm comme mentionnée précédemment.

IV – Les améliorations

Concernant le code, nous pouvons tout de même suggérer quelques ajustements afin d'améliorer la maintenabilité, la lisibilité et la robustesse de ce dernier.

Premièrement, l'ajout de procédures de gestion des erreurs serait bénéfique. Le code étant déjà relativement long (une centaine de lignes) nous avons dès lors volontairement omis ces procédures pour préserver sa lisibilité. Cependant, il serait judicieux de les intégrer pour vérifier les valeurs renvoyées par les fonctions telles que `SD.open()`. Cela nous permettrait d'attester de l'ouverture réussie du fichier avant toute opération d'écriture. Par ailleurs, ceci pourrait être accompagné par l'automatisation de la création d'un nouveau fichier à chaque session de mesure. Actuellement, si le nom du fichier n'est pas modifié, les données sont ajoutées à la suite de la précédente session.

Deuxièmement, bien que notre code soit organisé en fonctions distinctes, il serait avantageux de décomposer les fonctions les plus complexes, comme par exemple `getDistance()`, en des fonctions plus petites afin d'améliorer la lisibilité et la compréhension mais aussi la réutilisation de ces dernières.

Finalement, nous avons plusieurs constantes qui sont apparentées, telles que des affections de broches ou des valeurs de seuil. Il serait donc pertinent de les regrouper au début de notre code afin de simplifier leur gestion et leur modification. De même certaines constantes déclarées au début mais appelées une fois dans le code peuvent être supprimées.

En ce qui concerne le dispositif même, il faudrait accroître sa robustesse en le plaçant dans une boîte renforçant sa résistance aux secousses, améliorant sa stabilité et le rendant étanche. Enfin il conviendrait de résoudre le problème lié au rétroéclairage de l'écran LCD. En raison du pin K (16) cassé, le rétroéclairage ne pouvait pas fonctionner, rendant la lecture peu visible.