GNG2501

Livrable F : Prototype 2

Soumis par:

Groupe FB2

Dine Sankamaou, 300211151

Gianmarco Maggiore, 8897786

James Vallée, 300265775

Éloïse Plante Sabourin, 300248872

Daniella Phemba Disonama, 300149343

6 mars, 2022

Université d'Ottawa

Table des matières

Table des matières ii
Liste des tableaux iii
Liste des figures iii
1 Introduction 1
2 Rétroaction de la cliente recueillie lors de la deuxième rencontre 1
3 Présentation des prototypes 1
3.1 Boitier pour l'électronique 1
3.2 Connexion à la piscine 3
3.3 Contenant d'eau de Javel 5
3.4 Distribution d'eau de Javel dans le système 6
3.5 Système électronique 6
4 Analyse et essais des prototypes 7
4.1 Étude analytique du système de pompage 7
4.2 Tests de résistance du boîtier aux intempéries 15
4.3 Test de la pompe péristaltique 16
5 Analyse des résultats 17
6 Conclusion 19

Liste des tableaux

Tableau 1: Valeurs de coefficient de friction hydraulique pour différents matériaux 12
Tableau 2: Coefficients de pertes d'énergie local relatif aux types d'ouvertures..... 14
Tableau 3: Scénarios théorique et pratique de l'analyse de pompe..... 17
Tableau 4: Résultats du prototype comparés aux spécifications cibles 18

Liste des figures

Figure 1: Boitier pour le contenu électrique 2
Figure 2: Cloison pour rallonge 2
Figure 3: Cloison pour tube de silicone..... 3
Figure 4: Cloison attachée au couvercle du filtre..... 3
Figure 5: Filtre ("Skimmer")..... 4
Figure 6: Connection du tube de chlore au filtre de piscine existant..... 4
Figure 7: Contenant d'eau de Javel avec couvercle 5
Figure 8: Diagramme de distribution d'eau de Javel dans le système 6
Figure 9: Diagramme du système électrique..... 7
Figure 10: Digramme du problème théorique d'hydraulique 7
Figure 11: Diagramme de Moody avec indicateurs (rouge) du problème en question..... 13
Figure 12: Coefficient de perte d'énergie local pour une ouverture simple 14
Figure 13: Test de résistance du boitier électrique..... 16
Figure 14: Test de pompage pratique 17

1 Introduction

Dans le livrable précédent, nous avons eu à présenter aux membres de la classe, au professeur et gestionnaires de projet l'avancement de notre projet incluant le prototype 1 et ses fonctionnalités. Ils ont été très satisfaits de notre présentation et nous ont ensuite donner une rétroaction afin d'améliorer d'avantage notre prototype. En tenant compte de la rétroaction que nous avons reçu de la cliente et en analysant notre prototype 1, nous allons maintenant développer un nouveau prototype 2 qui sera l'étape suivante de la réalisation de notre prototype final.

2 Rétroaction de la cliente recueillie lors de la deuxième rencontre

- La cliente semblait un peu confuse de comment le chlore circulait à travers l'ensemble du système, donc il faudrait faire un schéma détaillé du parcours du chlore dans le système du réservoir jusqu'à la piscine.
- La cliente appréciait la simplicité du système et ne semblait pas trop dérangée par le fait que le prototype n'avait pas de deuxième pompe pour le remplissage
- La cliente s'inquiétait du fait de mettre du chlore avant le filtre et la pompe du fait qu'il pourrait y avoir une perte d'efficacité du chlore.
- Les AEs aimerait avoir un Flow-Chart du système contenant l'interaction entre chaque sous systèmes
- Mohammad aimerait que l'on fasse des tests compréhensifs de la pompe péristaltique pour s'assurer qu'elle ne surchauffe.

3 Présentation des prototypes

3.1 Boitier pour l'électronique

Le boitier que nous avons choisi est un contenant de 5.7 L de dimension de 14 x 7 x 5 po et fait de plastique transparent. Le boitier est muni de deux loquets qui permettent de l'ouvrir facilement et rapidement.

Figure 1: Boitier pour le contenu électrique

Les connections aussi du boitier doivent être étanche. Alors, l'insertion de la rallonge dans le boîtier et le passage des fils à travers les parois requiert quelque chose pour empêcher l'eau de s'infiltrer à l'intérieur.

Pour la rallonge nous avons trouvé un type de cloison ("Bulkhead") pour les plus gros fils. Celui-ci permet de passer la tête de la rallonge à travers la paroi et ensuite insérer un morceau de caoutchouc alentour du fil pour sceller le plus gros trou.

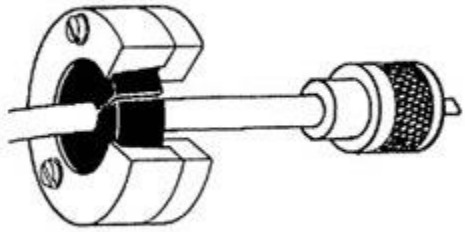

Figure 2: Cloison pour rallonge

Pour les tubes qui transporterons le chlore nous avons trouvé un autre type de cloison spécifiquement pour des tubes de silicone de petit diamètre. Ceux-ci s'attachent au contenant en visant l'écrou sur l'autre partie et permet d'attacher les tubes de chaque côté de la paroi.

Figure 3: Cloison pour tube de silicone

3.2 Connexion à la piscine

Ce prototype est un prototype virtuel qui a pour but de communiquer une idée avec la cliente.

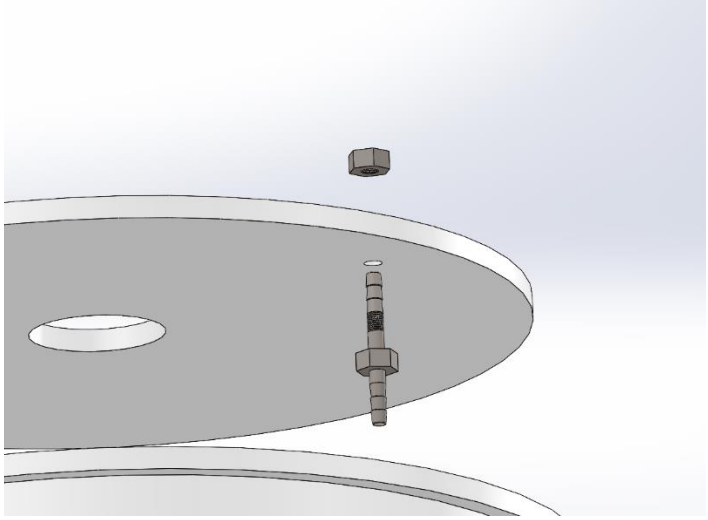

Figure 4: Cloison attachée au couvercle du filtre

Pour la connexion à la piscine nous avons pensé à faire la distribution du chlore par le petit filtre (“Skimmer”).

Figure 5: Filtre (“Skimmer”)

Le tube connecté au réservoir de chlore serait attaché à la cloison sur le couvercle du filtre et le chlore pourrait donc passer à travers du couvercle et coulerait dans l’eau dans le filtre.

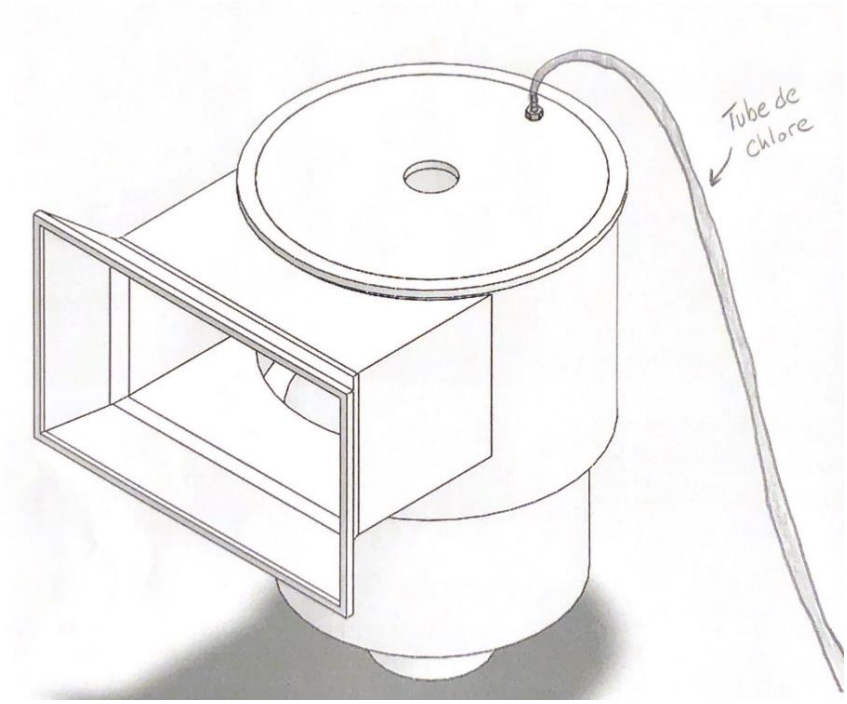

Figure 6: Connection du tube de chlore au filtre de piscine existant

Ensuite la pompe à piscine aspirerait le chlore en même temps que l'eau de piscine et le chlore serait ensuite distribué partout dans la piscine par le jet.

3.3 Contenant d'eau de Javel

Afin d'éviter la dégradation alcaline du chlore sur le matériel, une considération importante a été mise sur la sélection du matériel du contenant. Après une recherche robuste, le matériel le moins dispendieux tout en étant très résistant au contenu de chlore dans l'eau de Javel, fut le plastique polypropylène. Le boitier choisi a une capacité de 45L, qui peut, d'après les calculs de l'équipe, durer 2 mois d'utilisation. Cette utilisation est basée sur une injection typique d'eau de Javel pour une piscine de 5 pieds de haut avec un diamètre de 12 pieds. Il est composé d'un plastique polypropylène. Pour faciliter le remplissage du contenant lorsqu'il le sera besoin, un trou est coupé dans la partie supérieure du contenant. Un couvercle étanche est installé pour couvrir le trou. Ce couvercle peut être ouvert à volonté afin de remplir le contenant ou de vérifier le montant d'eau de Javel existant à l'intérieur.

Figure 7: Contenant d'eau de Javel avec couvercle

3.4 Distribution d’eau de Javel dans le système

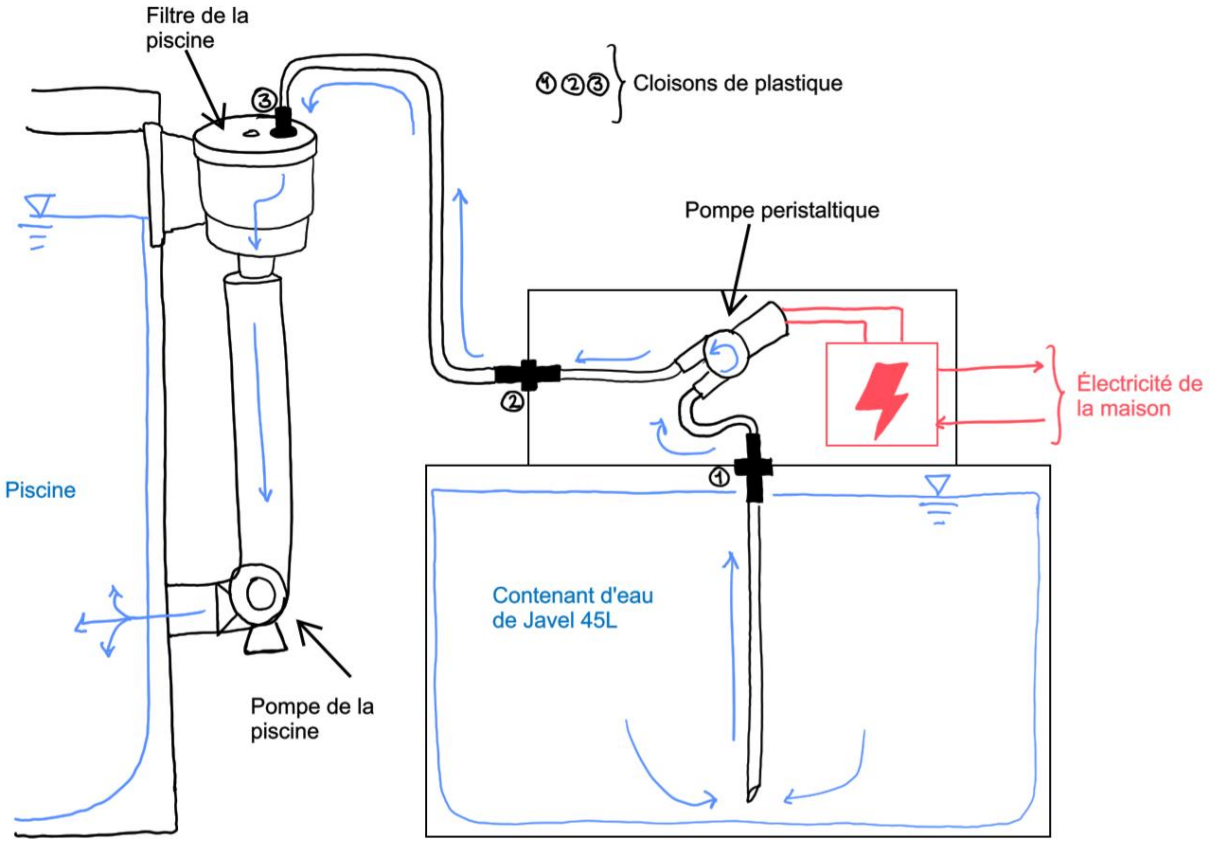

Figure 8: Diagramme de distribution d'eau de Javel dans le système

3.5 Système électronique

Le fonctionnement du système électronique est comme le pilier sur lequel repose notre distributeur de chlore. Il s'agit ici de démocratiser son fonctionnement. Il est en effet constitué d’une smart plug qui va tirer l’énergie d’une prise de courant quelconque dans une maison. Ensuite nous avons la pompe péristaltique qui viendra se brancher sur la smart plug comme le schéma suivant démontre.

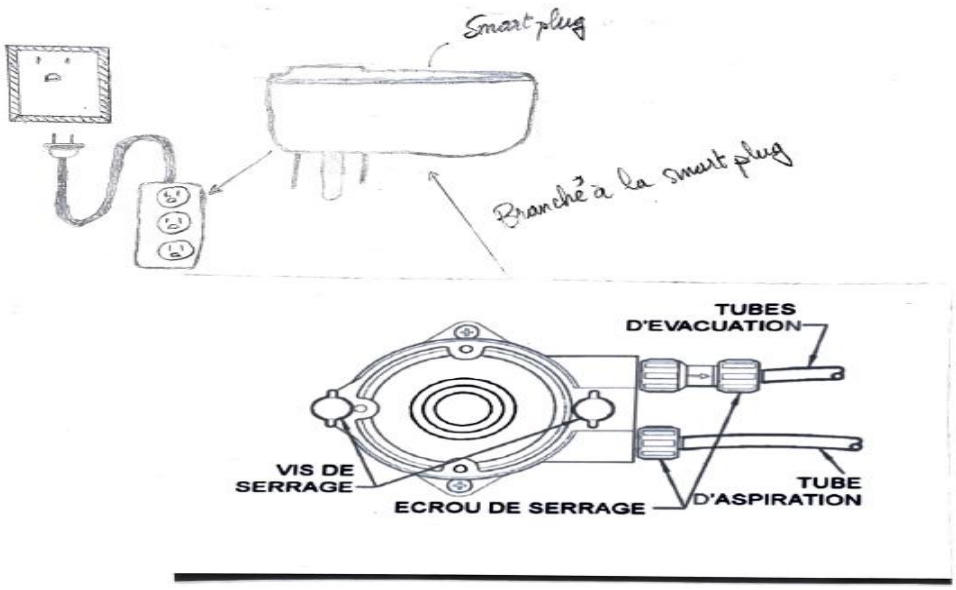

Figure 9: Diagramme du système électrique

4 Analyse et essais des prototypes

4.1 Étude analytique du système de pompage

<u>Définition du problème</u>

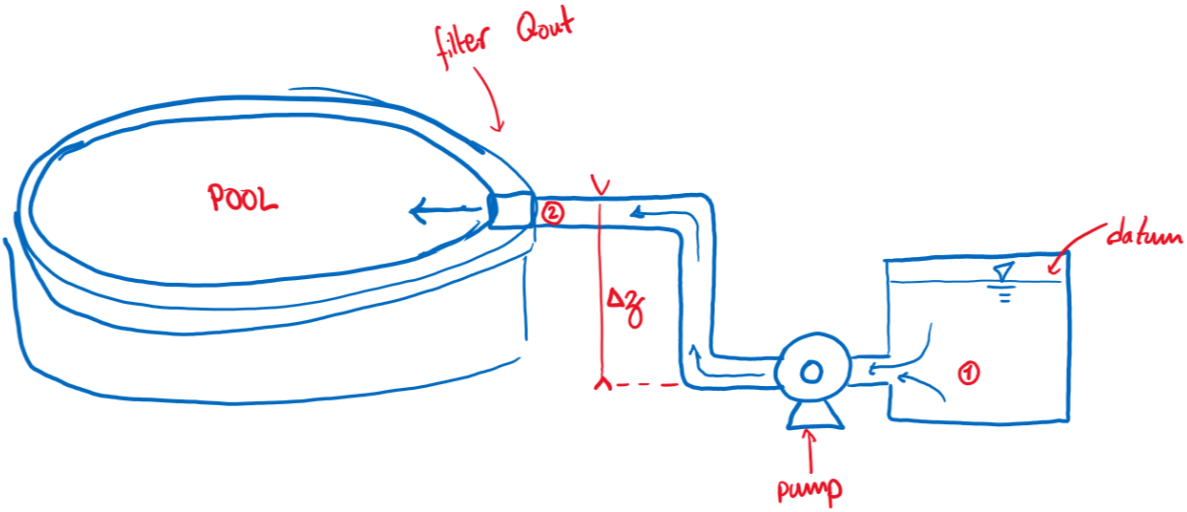

Figure 10: Digramme du problème théorique d'hydraulique

Le système général (démontré ci-dessus) est composé du point 1 (le contenant initial du fluide), l'eau de Javel passe du point 1 à la pompe qui pousse le fluide à travers d'un tuyau de plastique à une élévation delta z (différence entre le point 1 et le point 2). Le point de sorti du système c'est le filtre de la piscine au point 2.

Le principe de Bernoulli de la mécanique des fluides, jumelée avec le principe de la conservation de masse et d'énergie seront utilisé afin de déterminer l'élévation auquel notre système de pompe est capable de pomper l'eau de Javel. Ci-dessous ce trouve l'équation du principe de Bernoulli pour un système de pompe avec des pertes d'énergie. Chaque membre de l'équation représente une énergie ajoutée au système (côté gauche) ou une perte d'énergie (côté droit). Chaque membre représente l'énergie sous forme de distance (m).

$$\frac{P_1}{\rho \times g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2 \times g} + H_p = \frac{P_2}{\rho \times g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2 \times g} + \sum \left(h_f + h_L\right)$$

<u>Définition des variables</u>

P_i : pression au point i (Pa)

ρ : densité du fluide (densité de l'eau de Javel $\rho_{bleach} = 1.11 \frac{kg}{m^3}$)

g : accélération gravitationnelle ($g = 9.81 \frac{m}{s^2}$)

z_i : élévation au point i (m)

v_i : vitesse du fluide au point i (m/s)

H_p : énergie provenant de la pompe (m)

h_f : pertes d'énergie principales dû à la friction dans les tuyaux (m)

h_L : pertes d'énergie mineur dû aux coins et entrées dans les tuyaux (m)

<u>Assomptions</u>

Le contenant d'eau de Javel, ainsi que la piscine ne sont pas sous pression. Donc, les deux points sont retrouvés à une pression atmosphérique. Vu qu'elles sont égales, elles peuvent s'annuler entre-elles :

$$P_1 = P_2 = atm$$

$$\therefore \frac{P_1}{\rho \times g} - \frac{P_2}{\rho \times g} = 0\, m$$

On assume que la vitesse initiale du fluide (au point 1) est si minable qu'elle peut être ignorée :

$$v_1 = 0\ m/s$$

Vu qu'on élève le fluide d'une certaine distance (à l'aide de la pompe), on doit trouver la différence d'élévation maximale que la pompe peut nous permettre de pomper le fluide :

$$z_2 > z_1$$

$$\Delta z = z_2 - z_1 = variable \text{ à } déterminer$$

Maintenant, on peut réorganiser l'équation général d'énergie de Bernoulli pour mieux satisfaire notre problème spécifique.

$$H_p = \Delta z + \frac{v_2^2}{2 \times g} + \sum \left(h_f + h_L\right)$$

Comme cette équation le démontre, seulement la pompe produit de l'énergie initial au système. Tandis qu'il a plusieurs pertes d'énergie retrouvées dans la différence d'élévation, la vitesse terminale voulue et les pertes d'énergies principales et mineurs.

O peut réarranger l'équation afin d'isoler le seul terme inconnue (différence d'élévation) :

$$\Delta z = H_p - \left(\frac{v_2^2}{2 \times g} + \sum \left(h_f + h_L\right)\right)$$

Afin de déterminer notre seul inconnue (la différence d'élévation, Δz), chaque autre membre de l'équation doit être déterminé avant.

<u>Énergie de pompe</u>

D'abord, on commence en calculant l'énergie provenant de la pompe péristaltique. D'après les spécifications de la pompe, elle provoque une vitesse rotationnelle maximale de 100 RPM avec une puissance de pression de 250 kPa avec un débit maximale de 100 ml/min. D'après Engineering Toolbox, voici l'équation de conversion de pression de pompe à énergie produite :

$$H_p = \frac{(P_H \times 10.197)}{G}$$

Où H_p c'est l'énergie de la pompe (m), P_H c'est la pression de la pompe (bar) et G c'est la gravité spécifique du fluide (densité de l'eau de Javel relatif à la densité de l'eau).

$$H_p = \frac{(0.25\ bar \times 10.197)}{1.20}$$

$$H_p = 2.12\ m$$

<u>Pertes d'énergie dynamique</u>

La vitesse terminale du fluide au point 2 peut varier grandement. Afin de maintenir une injection stable dans la piscine la vitesse devrait être plus grande que zéro mais les pertes d'énergie assureront une diminution de vitesse entre la sortie de la pompe et le point 2. Ainsi, il faut en premier déterminer la vitesse à la sortie de la pompe et ensuite assumé une vitesse terminale du système entre zéro et cette vitesse maximale. La vitesse à la sortie de la pompe sera déterminée grâce au débit produit par la pompe et la circonférence du tuyau choisi :

$$Q_{pompe} = 100\ \frac{mL}{min} \times \left(\frac{1L}{1000mL}\right) \times \left(\frac{1m^3}{1000L}\right) \times \left(\frac{1min}{60s}\right)$$

$$Q_{pompe} = 1.67 \times 10^{-6}\ \frac{m^3}{s}$$

Le tuyau a un diamètre de 3 mm

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \times \left(\frac{3\ mm}{1000\ \left(\frac{mm}{m}\right)}\right)^2}{4}$$

$$A = 7.069 \times 10^{-6} mm^2$$

$$Q = A \times v_{max}$$

$$v_{max} = \frac{Q}{A}$$

$$v_{max} = \frac{1.67 \times 10^{-6}\ \frac{m^3}{s}}{7.069 \times 10^{-6} mm^2}$$

$$v_{max} = 0.236 \frac{m}{s}$$

$$0.236\frac{m}{s} > v_2 > 0\frac{m}{s}$$

On peut assumer que :

$$v_2 = 0.1\frac{m}{s}$$

Donc,

$$\frac{v_2^2}{2 \times g} = \frac{\left(0.1\frac{m}{s}\right)^2}{2 \times 9.81\frac{m}{s^2}} = 5.1 \times 10^{-4}\ m$$

<u>Pertes d'énergie principale (friction des tuyaux)</u>

Prochainement, on peut calculer les pertes principales du système dû à la friction dans les tuyaux. L'équation de cette perte est la suivante :

$$h_f = \frac{\lambda \times L}{D}\left(\frac{v^2}{2 \times g}\right)$$

Où λ c'est le coefficient de friction du système trouvé à partir du numéro de Reynold et le diagramme de Moody, L c'est la longueur des tuyaux dans le système (assumé d'être 2 m), D c'est le diamètre du tuyau et le dernier facteur étant l'énergie dû à la vitesse du fluide dans le système (utilisant v comme la vitesse maximale pour générer un estimé conservateur).

Comme mentionné, λ doit être déterminé à partir du diagramme Moody. Il faut, d'abord, trouver la valeur de friction divisé par le diamètre du tuyau (axe Y du diagramme) et le numéro de Reynold du système (axe X du diagramme).

$$\frac{k_s}{D}$$

Où k_s est en fonction du matériel de tuyau dans le système.

Tableau 1: Valeurs de coefficient de friction hydraulique pour différents matériaux

Table 4.2 Typical k_s values.

Pipe material	k_s (mm)
brass, copper, glass, Perspex	0.003
asbestos cement	0.03
wrought iron	0.06
galvanized iron	0.15
plastic	0.03
bitumen-lined ductile iron	0.03
spun concrete lined ductile iron	0.03
slimed concrete sewer	6.0

D'après le tableau ci-dessus, $k_s = 0.03\ mm$ pour les tuyaux en plastique. Donc,

$$\frac{k_s}{D} = \frac{0.03mm}{3mm} = 0.01$$

Maintenant, le nombre de Reynold doit être déterminé pour interpoler la valeur de λ :

$$Re = \frac{v_{max} \times 2}{\nu}$$

Où ν c'est la viscosité dynamique du fluide (eau de Javel).

$$Re = \frac{0.236\frac{m}{s} \times 2m}{2.4 \times 10^{-6}\frac{m^2}{s}} = 1.97 \times 10^5 = Re$$

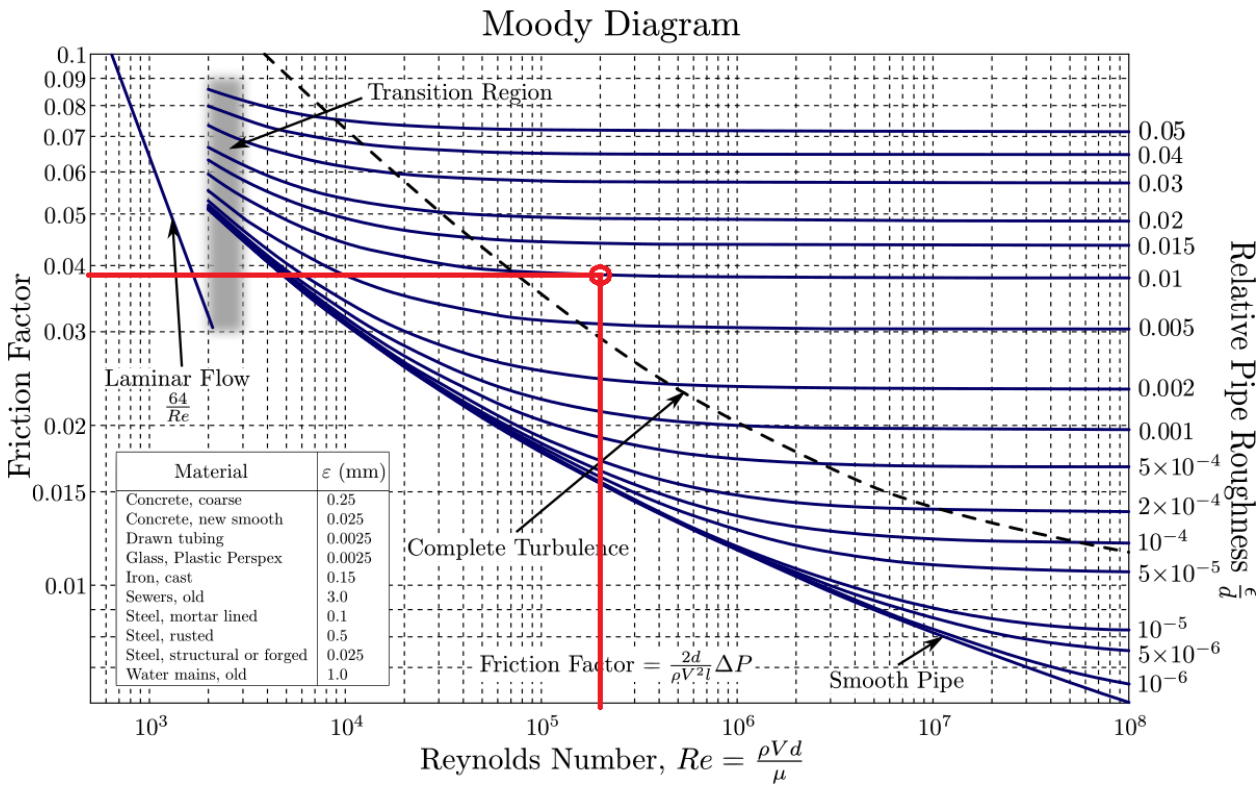

Figure 11: Diagramme de Moody avec indicateurs (rouge) du problème en question

Comme démontré dans le diagramme ci-dessus, la valeur de λ sera environ 0.039 dans un système avec un numéro de Reynold de 1.97×10^5 et une friction relative de 0.01. Ainsi, il est maintenant possible de calculer les pertes d'énergie dû à la friction des tuyaux dans le système :

$$h_f = \frac{\lambda \times L}{D}\left(\frac{v^2}{2 \times g}\right)$$

$$h_f = \frac{0.039 \times 2m}{0.003m}\left(\frac{0.236\frac{m}{s}^2}{2 \times 9.81\frac{m}{s^2}}\right)$$

$$h_f = 0.3127\ m = 312.7\ mm$$

<u>Pertes d'énergie local (géométrie du système)</u>

Prochainement, les pertes d'énergie dû à la géométrie du système de tuyau doivent être considéré. Ceux-ci sont calculées à partir de l'équation suivante :

$$h_L = \sum k_L \left(\frac{v^2}{2 \times g} \right)$$

Où k_L sont les coefficients de perte d'énergie local. Elles dépendent de la géométrie du système des tuyaux. Afin de générer une analyse conservatrice, on assume une entrée simple dans le système avec deux coins carrés de 90 degrés.

Tableau 2: Coefficients de pertes d'énergie local relatif aux types d'ouvertures

Table 4.3 Local head loss coefficients.

	k_L value		
Item	Theoretical	Design practice	Comments
bellmouth entrance	0.05	0.10	V = velocity in pipe
exit	0.2	0.5	
90° bend	0.4	0.5	
90° tees			
in-line flow	0.35	0.4	(for equal diameters)
branch to line	1.20	1.5	(for equal diameters)
gate valve (open)	0.12	0.25	

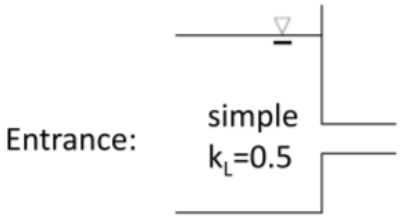

Figure 12: Coefficient de perte d'énergie local pour une ouverture simple

D'après le tableau et la figure précédentes, la somme des coefficients de pertes d'énergie locaux sont :

$$\sum k_L = k_{L\ entrée} + k_{L\ coins\ 1} + k_{L\ coins\ 2}$$

$$\sum k_L = 0.5 + 0.5 + 0.5 = 1.5$$

Donc, les pertes d'énergie locaux total sont :

$$h_L = \sum k_L \left(\frac{v^2}{2 \times g} \right)$$

$$h_L = \sum 1.5 \times \left(\frac{0.236 \frac{m^2}{s}}{2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}} \right)$$

$$h_L = 0.00426\ m = 4.26\ mm$$

<u>Détermination finale d'élévation maximale</u>

Finalement, il est possible de déterminer la seule valeur inconnue dans le système : la différence d'élévation maximale entre le point 1 et le point 2. Les valeurs déterminées sont insérées dans l'équation de Bernoulli dérivée initialement :

$$\Delta z = H_p - \left(\frac{v_2^2}{2 \times g} + \sum \left(h_f + h_L \right) \right)$$

$$\Delta z = 2.12\ m - \left(5.1 \times 10^{-4}\ m + \sum (0.3127\ m + 0.00426\ m) \right)$$

$$\Delta z = 1.8\ m$$

Donc, avec une pompe péristaltique qui produit 0.25 bar de pression pompant de l'eau de Javel à travers un tuyau de longueur de 2 m avec 2 coins de 90 degrés et une entrée simple, la différence maximale que le fluide peut être pompé est de 1.8 m avec une vitesse maximale de 0.236 m/s.

4.2 Tests de résistance du boîtier aux intempéries

Avant d'acheter le boîtier, nous avions certaines préoccupations sur la résistance de celui-ci aux intempéries. Nous ne s'avions pas si le matériel du boîtier, le plastique transparent, serait résistant au froid. De plus nous ne s'avions pas si la neige ou l'eau pourrait s'infiltrer à l'intérieur du contenant par le couvercle. Donc, nous avons fait des tests pour s'assurer que le boîtier réponde bien aux exigences de la cliente et serait une solution possible pour notre système.

Le premier test mené était pour s'assurer qu'il ne brise pas dans le froid. Nous avons laissé le boîtier à l'extérieur pour une semaine dans des températures qui fluctuaient de –20 °C à 0 °C et ensuite lorsque nous l'avons rentré à l'intérieur, nous avons appliqué une force sur les parois de celui-ci. Nous avons trouvé que le contenant était toujours flexible et n'avais pas casser dans le froid et que, même avant une force appliquée dessus, il n'était pas fragile. Ce test nous a aussi permis de confirmer que la neige ne pouvait pas s'infiltrer à l'intérieur par le couvercle.

Figure 13: Test de résistance du boitier électrique

Le deuxième test que nous avons fait était pour vérifier si l'eau, par exemple la pluie, pouvait s'infiltrer à l'intérieur. Nous avons arrosé le contenant avec un pommeau de douche pour simuler la pluie. Après quelque minute, nous avons séché l'extérieur du contenant et nous l'avons ouvert pour vérifier si de l'eau avait rentré. Nous avons constaté que l'intérieur était encore complétement sec et donc que le contenant était étanche à la pluie. Cependant, le contenant ne peut pas être submergé entièrement dans l'eau, car il y a des petits trous où les attaches du couvercle sont fixées qui peut laisser l'eau entrer.

4.3 Test de la pompe péristaltique

Après validation de notre BOM nous avons donc commander la pompe péristaltique pour effectuer nos tests entre autres pour voir

- Si elle fonctionnait bien
- La hauteur et la vitesse à laquelle le pompage se faisait
- Si le moteur chauffait beaucoup

Nous avons donc pour nos tests remplacer le chlore par de l'eau. Nous avons dans un premier temps soudé un adaptateur DC a notre pompe comme le montre les images suivantes

Ensuite une fois les branchements effectués, les tests on a pu réaliser nos tests.

<u>Conclusions des tests</u>

- En premier lieu la pompe pompait bien confirmant que l'assemblage de ce dernier était bien fait
- Pour connaitre la hauteur, nous avons connecté un tuyau long d'environ 5m qui a été tenu en l'air par Daniella. Après une trentaine de secondes du notamment à la longueur du tuyau et à la force gravitationnelle appliquée sur l'eau, elle a finalement jailli au bout du tuyau et a une hauteur d'environ 2m comme l'indique l'image

Figure 14: Test de pompage pratique

- Quant à la température nous avons remarqué qu'au bout d'un certain temps le moteur s'est mis à chauffer notamment après avoir rempli à moitié une gourde à un débit de 1mL/s

5 Analyse des résultats

Tableau 3: Scénarios théorique et pratique de l'analyse de pompe

Paramètre du scénario	Scénario théorique	Scénario pratique
Fluide utilisé (densité en g/cm^3)	Eau de Javel (1.11)	Eau distillé (1.00)
# de coins 90°	2	2
Longueur du tuyau (m)	2	5
Débit du système (mL/s)	1.33	1.00
Capacité de poussée verticale (m)	1.8	1.8

Tableau 4: Résultats du prototype comparés aux spécifications cibles

Métrique	Unité	Spécifications cibles		Prototype 2	
		Valeur marginale	Valeur idéale	Détermination théorique	Détermination pratique (réelle)
Coût total	$	< 100	< 80	85,99	À determiner
Capacité du réservoir	L	> 10	> 20	45	45
Débit de pompe	mL/s	> 0.694	> 0.556	1.33	1.00
Consommation d'énergie	kW	< 0.5	< 0.3	À déterminer	À déterminer
Temp. Opérationnelle	°C	5 < T < 40	0 < T < 50	5 < T < 40	-20 < T < 40
Taille des tuyaux	mm	> 50	> 40	3	3

Comme démontré dans le Tableau 4 ci-dessus, le prototype 2 est un grand succès relatif aux spécifications cibles. Le coût total théorique a été définit à partir du BOM détaillé dans le livrable précédent. Ce BOM a un coût total de 85,99$ après taxes. Cette valeur tombe bien dans la marge entre la valeur marginale et la valeur idéale. Cependant, il existe encore le besoin de déterminer la valeur réelle du coût total. Une valeur réelle n'a pas pu être développé puisque pas tous les sous-systèmes de ce prototype ont été conçu ou acheté. D'abord, le coût total du système sera déterminé au prochain prototype. D'ailleurs, la capacité du réservoir d'eau de Javel de 45L est une valeur excellente comparée aux spécifications cibles. Elle surpasse la valeur marginale et idéale. Une analyse a permis à l'équipe de déterminer qu'un réservoir de 45L permettra une longue durée entre les remplissages jumelée avec un coût non-dispendieux. Le débit de la pompe était une valeur lousse pendant le développement des spécifications cibles. Celles-ci servent seulement comme référence. Cela étant dit, la valeur théorique et pratique de débit de pompage surmontent les spécifications cibles voulues. Tout comme le coût total, la métrique de consommation d'énergie sera déterminée au prochain prototype afin de vérifier si les valeurs réelles respectent les spécifications cibles. La température opérationnelle du système n'a pas été testé au complet. Mais la fonctionnalité du sous-système des boitiers électrique et de chlore ont été vérifiés sur une plage de températures. Celles-ci ont fonctionnées au -20 degrés Celsius, tombant dans la plage des spécifications cibles. Finalement, la seule métrique non-respectée fut celle de la taille des tuyaux. Réellement, cette spécification a été conjecturé sans logique précise en termes de bénéfice de performance. D'abord, le fait que la taille des tuyaux choisis soit plus petite que celle des valeurs marginale et idéale n'est pas un détriment au projet.

Donc, basé sur cette comparaison des valeurs théorique et pratique du deuxième prototype versus les valeurs marginale et idéales des spécifications cibles, le prototype est un succès. Chaque métrique critique a été respecté ou surpassé largement.

6 Conclusion

En conclusion, dû au manque de la possession de certains matériaux, quelques problèmes ont été rencontrés dans la réalisation des tests de notre prototype 2. Aussi le fait que nous n'avons pas pu incorporer certains éléments dans notre système tels que la détection du chlore du a un manque de cout nécessaire. Malgré ça, nous avons bien mené les sous-systèmes de notre prototype 2 en utilisant certains matériaux similaires que nous avions en main et aussi des informations numériques tout tenant compte de leur fonctionnalités, matières et résistances a différentes températures. En dépit de l'option de suppression d'une pompe et la détection du chlore que la cliente avait demandé, nous avons pu satisfaire à toutes ses demandes ce qui justifie sa satisfaction à la vue de notre prototype.