



UNIVERSITÉ
LAVAL

Fish & Chips

Système autonome fixe pour le comptage et l'identification de la faune marine

Rapport de projet – version 1

présenté à

Robert Bergevin, Luc Lamontagne et Simon Thibault

par

Équipe 7 — Les Requins

<i>matricule</i>	<i>nom</i>	<i>signature</i>
111 239 483	Vincent Lambert	
111 238 936	Rémi Lévesque	
111 171 798	Ibrahim Mahamadou	
111 233 742	Honoré Marcotte	
111 160 242	Jérémy Talbot-Pâquet	

Université Laval
21 février 2019

Historique des versions		
<i>Version</i>	<i>Date</i>	<i>Description</i>
	30 janvier 2019	Création du document
0	31 janvier 2019	Mise en page, ajout de la table des matières, des chapitres d'introduction et de description du projet
1	21 février 2019	Ajout du chapitre «Objectifs» et rédaction du cahier des charges
2	21 mars 2019	Ajout du chapitre «Conceptualisation et analyse de faisabilité»
Finale	18 avril 2019	Ajout des chapitres «Étude préliminaire» et «Concept retenu»

Table des matières

Table des figures	iv
Liste des tableaux	v
1 Introduction	1
2 Description	2
3 Besoins et objectifs	3
3.1 Analyse des besoins	3
3.1.1 Capteur optique autonome	3
3.1.2 Système d'identification des poissons	3
3.1.3 Interaction et sécurité du système	4
3.1.4 Archives des données	4
3.2 Objectifs	5
4 Cahier des charges	7
4.1 Tableau des critères	7
4.2 Intervention humaine	8
4.2.1 Durée de vie de la batterie	8
4.2.2 Complexité de la maintenance	8
4.2.3 Automatisation du transfert de données	9
4.2.4 Accès à distance	9
4.3 Assurer la qualité de conception	9
4.3.1 Durée de vie de l'appareil	9
4.3.2 Précision du logiciel de reconnaissance	10
4.3.3 Utilisation de l'interface graphique	10
4.3.4 Identification des poissons	11
4.3.5 Capacité de stockage des données	11
4.3.6 Fiabilité du système de sécurité	11
4.4 Coûts	12
4.4.1 Coûts de conception du produit	12
4.4.2 Frais d'installation	13

4.4.3	Frais de maintenance et d'opération	13
4.4.4	Coûts de remplacement des pièces	13
4.4.5	Évaluation globale des coûts	13
4.5	Facilité de conception	14
4.5.1	Temps de conception du produit	14
4.5.2	Rechange des pièces	14
4.5.3	Complexité de l'usinage des pièces	14
4.5.4	Implantation du capteur	15
4.6	Respect des contraintes	15
4.6.1	Prise de mesure passive	15
4.6.2	Contraintes mécaniques	15
4.6.3	Contraintes des images	16
4.7	Maison de qualité	17
5	Conceptualisation et analyse de faisabilité	18
5.1	Diagramme fonctionnel	18
5.2	Conceptualisation et analyse des solutions	19
5.2.1	Capter les informations sur les poissons	19
5.2.1.1	GoPro Hero7 Black Edition	20
5.2.1.2	HP2W Hyperfire 2 Professionnal White Flash Camera	20
5.2.1.3	GoFishCam	21
5.2.1.4	Capteur d'image OV5640	21
5.2.2	Alimenter le capteur	22
5.2.2.1	Batterie au lithium :	22
5.2.2.2	Batterie Power Bank :	23
5.2.2.3	Alimentation Filaire :	23
5.2.2.4	Panneaux solaires :	23
5.2.3	Acheminer les informations au centre de contrôle	23
5.2.3.1	Utilisation de la connexion intégrée au capteur	24
5.2.3.2	Connexion filaire	25
5.2.3.3	Utilisation d'un Raspberry Pi	25
5.2.3.4	Acheminement manuel	26
5.2.4	Identifier les poissons et compiler les données	26
5.2.4.1	Réseau de neurones convolutionnel avec la librairie Tensorflow :	27
5.2.4.2	Logiciel simple de création de masque et de détection de forme :	28
5.2.4.3	Développement par un Tiers	28
5.2.4.4	FishVerify App	28
5.2.5	Stocker les données	29
5.2.5.1	Carte mémoire SD SanDisk 32 Go classe 10 :	30
5.2.5.2	Cloud de hubiC	30
5.2.5.3	Disque dur sur SSD Kingston Digital SSD A400 SATA 3	30
5.2.5.4	Disque dur sur HDD Western Digital SATA III	31
5.2.6	Afficher les données	32

5.2.6.1	Application web avec Ajax	32
5.2.6.2	Application web et mobile avec PrimeFaces	32
5.2.6.3	Application web avec Comentum	33
5.2.6.4	Application mobile avec CodeCreators	34
5.2.7	Assurer un accès sécurisé	34
5.2.7.1	Protocoles d'encryption des données	35
5.2.7.2	Virtual private network	35
5.2.7.3	Accès internet sécurisé lors de l'accès à distance de la base de données	35
5.2.7.4	Partenariat avec un tiers spécialisé en sécurité - formation des opérateurs en sécurité	36
5.2.8	Mesurer la température externe	37
5.2.8.1	Thermomètre de cuisson intelligent d'Accu-Temp :	37
5.2.8.2	Thermistance NTCLE100E3103JT2 placée à l'extérieur reliée à un Arduino Uno :	38
5.2.8.3	Thermomètre intelligent Thermo de Withings :	38
5.2.8.4	Diode 1n4148 avec un Arduino Uno :	39
5.2.9	Mesurer la température interne	39
5.2.9.1	HP2W Hyperfire 2 Professionnal White Flash Camera	40
5.2.9.2	Thermomètre au mercure H-B instrument 2/1110 Durac	40
5.2.9.3	Diode 1n4148 avec un Arduino Uno :	40
5.2.9.4	Thermistance NTCLE100E3103JT2 placée à l'extérieur reliée à un Arduino Uno :	40
5.2.10	Mesurer la date et l'heure	41
5.2.10.1	Implantation logicielle par une librairie	41
5.2.10.2	Compteur électronique relié à un Raspberry Pi ou un Arduino	41
5.2.10.3	Utilisation du capteur	42
5.2.10.4	Implantation logicielle par les méta-données des fichiers	42
5.2.11	Réguler la température à l'intérieur du capteur	43
5.2.11.1	Système de refroidissement à eau EK-KIT S120	43
5.2.11.2	Radiateur de moteur de voiture ABAKUS	43
5.2.11.3	Pâte thermique NT-H1 et radiateur HS00012K	44
5.2.11.4	Module Peltier Tec1-12706	44
Bibliographie		45
A Liste des sigles et des acronymes		51
B Équations pour le capteur d'image OV5640		52
C Équations pour le boîtier		56
D Distance d'acheminement des information		58

Table des figures

3.1	Organigramme des objectifs du projet Fish & Chips	6
4.1	Illustration du barème pour la précision de l'identification des poissons . . .	10
4.2	Barème pour le nombre de poissons à identifier	11
4.3	Maison de qualité du projet Fish & Chips	17
5.1	Diagramme fonctionnel du projet Fish & Chips	18
B.1	Géométrie du volume d'imagerie	53
B.2	Géométrie du système lentille-capteur	54
C.1	Design du boîtier	56
D.1	Distance pour acheminer les informations au poste de contrôle	58

Liste des tableaux

4.1	Table des critères du projet Fish & Chips	7
4.2	Évaluation de la durée de vie de la batterie	8
4.3	Évaluation de la complexité de la maintenance	8
4.4	Évaluation du barème du transfert de données	9
4.5	Évaluation du barème de l'accès à distance	9
4.6	Évaluation du barème de l'interface graphique	10
4.7	Évaluation du barème du stockage de données	11
4.8	Évaluation du barème des coûts globaux	14
4.9	Évaluation du barème de la difficulté de la rechange des pièces	14
4.10	Barème de la complexité de l'usinage des pièces	14
4.11	Évaluation du barème de la facilité de l'implantation du capteur	15
4.12	Évaluation du barème du degré de passivité du système	15
4.13	Évaluation des contraintes mécaniques du système	16
4.14	Évaluation des contraintes reliées aux images	16
5.1	Faisabilité des concepts pour capter les informations sur les poissons	22
5.2	Faisabilité des concepts pour l'alimentation du système	24
5.3	Faisabilité des concepts pour l'acheminer des données brutes	26
5.4	Faisabilité des concepts pour identifier les poissons et compiler les données	29
5.5	Faisabilité des concepts pour le stockage de données	31
5.6	Faisabilité des concepts pour la fonction afficher les données	34
5.7	Faisabilité des concepts pour assurer un accès sécurisé	36
5.8	Faisabilité des concepts pour mesurer la température externe	39
5.9	Faisabilité des concepts pour mesurer la température interne	41
5.10	Faisabilité des concepts pour mesurer la date et l'heure	42
5.11	Faisabilité des concepts pour réguler la température	44
B.1	Spécification du fabricant pour le capteur OV5640 [7]	52
B.2	Valeurs pour un exemple de calcul	52
B.3	Résultat de l'exemple de calcul	55
C.1	Caractéristiques pour la commande des matériaux du boîtier [42] [43]	57

Chapitre 1

Introduction

Avec les avancements technologiques des dernières décennies, l'accès à la donnée devient un besoin de plus en plus grandissant. Avoir sous la main des statistiques précises dans un certain secteur d'activité rend la tâche grandement plus facile dans l'optimisation d'un produit ou d'un service pour les firmes d'ingénierie. Avec ce nouvel accès à l'information, il est maintenant possible de cibler avec exactitude les besoins d'un client, multiplier la vitesse de production d'un service et même rendre des procédés complètement automatisés.

Dans le projet Fish & Chips, il sera justement question de développer un design conceptuel d'un capteur permettant la documentation de la faune aquatique dans un milieu donné.

Le mandat fourni par le ministère de la Faune Aquatique impose donc une identification précise des populations de poissons, une collecte fiable d'images à des fins statistiques ainsi que l'accès à une base de données. Bref, le développement de ce produit pourra se traduire en deux principaux aspects : l'implantation d'un logiciel capable de fournir des données avec une fiabilité et une sécurité accrues, et la création d'un concept de capteur multidisciplinaire qui répond aux standards de qualité du client.

D'abord, ce rapport présente la description du projet ainsi que les besoins et objectifs recherchés. Puis, il aborde le cahier des charges, la conceptualisation et l'analyse de faisabilité, l'étude préliminaire et le concept retenu de la solution présenté au Ministère de la Faune Aquatique.

Chapitre 2

Description

Dans l'optique d'améliorer la fiabilité des données de suivi des populations de poissons, le Ministère de la Faune Aquatique souhaite mesurer l'activité marine sur différents sites sauvages et commerciales. À l'aide du projet pilote Fish & Chips, le Ministère souhaite trouver une solution qui comblerait l'ensemble de ses besoins. M. Bergevin a d'ailleurs été chargé par le Ministère pour trouver le design conceptuel le plus adapté et le plus efficace parmi les firmes d'ingénieurs. C'est pourquoi la firme d'ingénieur des Requins devra se pencher sur ce mandat et proposer une solution fiable qui respectera l'ensemble des besoins du client.

Afin de respecter les demandes du Ministère, il est nécessaire de concevoir un système autonome afin de dénombrer et de documenter la faune aquatique. Ce nouveau système se doit d'identifier et de comptabiliser différentes espèces de poissons à tout moment. L'ensemble des activités du système doivent également garantir une mesure passive, c'est-à-dire sans risque pour les poissons. Pour une durée de deux ans, le système se doit de compiler des données pour des raisons de validation et doit être facilement accessible par un opérateur. Les coûts et les délais nécessaires à la conception et la réalisation d'un tel système doivent être minimisés. Par ailleurs, l'importance de l'aspect esthétique du système est négligeable, dans la mesure où elle n'affecte pas la disponibilité du capteur.

Chapitre 3

Besoins et objectifs

3.1 Analyse des besoins

Afin de bien saisir la demande du client et de lui fournir une solution appropriée, une analyse des besoins sera réalisée.

3.1.1 Capteur optique autonome

Pour commencer, l'automatisation et l'autonomie seront au coeur de ce projet. Le design doit comprendre un capteur optique qui recueillera des images des poissons observés. Le capteur optique doit être en mesure de prendre des photos en couleur sans interventions humaines. Ainsi, le capteur doit être muni d'un dispositif de détection de mouvement. Les images prise suite à l'identification doivent également être envoyées avec certaines informations physiques, dont la date et l'heure, la température interne du système ainsi que la température de l'eau lors de la prise de la photo. Le capteur optique doit être fonctionnel pour une durée minimale de deux semaines avant d'avoir recours à une maintenance. De plus, le capteur se doit d'être opérationnel en tout temps. Or, la caméra utilisée devra être d'une qualité suffisante pour permettre la reconnaissance du poisson, et ce, même la nuit.

3.1.2 Système d'identification des poissons

Le système d'identification des poissons est l'un des principaux besoins du client. En effet, le client souhaite recueillir des statistiques et une certaine documentation sur la faune aquatique. Pour y arriver, le système doit être en mesure d'identifier et de comptabiliser un minimum de cinq espèces de poissons évoluant dans un milieu aquatique à partir d'une prise de mesure non invasive. Comme mentionné précédemment, il est nécessaire d'assurer l'automatisation de l'identification des poissons.

3.1.3 Interaction et sécurité du système

L'interaction avec le système est primordiale afin de gérer les données du système et de recueillir les statistiques désirées. Le système doit permettre à l'utilisateur de configurer et d'assurer les opérations du capteur à distance. Plus concrètement, l'utilisateur devra être capable d'avoir accès aux données en tout temps, et ce, peu importe sa localisation. Un serveur doit donc être implémenté pour permettre à l'utilisateur de communiquer au capteur et ses archives sous une connexion sécurisée. En effet, par souci de confidentialité des renseignements et des données, toutes les connexions devront être sécurisées. Seul un utilisateur ayant une autorisation pourra communiquer avec le système. L'opérateur du capteur doit également pouvoir interagir avec le capteur à l'aide d'une interface locale.

Afin d'assurer la sécurité, le système doit être capable de générer des alarmes. Celles-ci seront acheminées vers l'opérateur du système en cas de défaillance de certaines fonctionnalités.

3.1.4 Archives des données

Afin de collecter les informations et les statistiques du site aquatique, le système doit être muni d'un dispositif d'entreposage des données. Les archives devront comprendre certains éléments. D'abord, suite à l'identification des poissons, les images originales doivent être stockées dans le système à des fins de traitements et de validation ultérieur. Elles devront également être stockée avec leur vignette, soit les conditions enregistrées lors de la prise de la photo. De plus, les alarmes, les paramètres de configuration et les commentaires relevés par le responsable du capteur devront être archivés. L'ensemble de ces informations doivent être entreposées et accessibles pour une durée de deux ans.

3.2 Objectifs

1. Assurer un produit de qualité
 - Maximiser la durée de vie de l'appareil
 - Maximiser la précision et l'exactitude du logiciel de reconnaissance
 - Optimiser l'utilisation de l'interface graphique
 - Maximiser les variétés de poissons identifiables
 - Maximiser la capacité de stockage des données
 - Maximiser la fiabilité du système de sécurité
2. Assurer le respect des contraintes
 - Assurer une mesure passive du système
 - Assurer le respect des contraintes mécaniques en milieu marin
 - Assurer le respect des contraintes liées aux images
3. Minimiser l'intervention humaine
 - Maximiser la durée de vie de la batterie
 - Minimiser la complexité de la maintenance
 - Maximiser l'automatisation du transfert des données
 - Faciliter l'accès à distance
4. Maximiser la facilité de conception
 - Minimiser le temps de conception du produit
 - Minimiser la complexité de l'usinage des pièces
 - Faciliter la rechange des pièces
 - Faciliter l'implantation du capteur sur différents sites
5. Minimiser les coûts
 - Minimiser les coûts de conception du produit
 - Minimiser les frais d'installation
 - Minimiser les frais de maintenance et d'opération
 - Minimiser le coût de remplacement des pièces
 - Respecter les contraintes liées aux coûts globaux

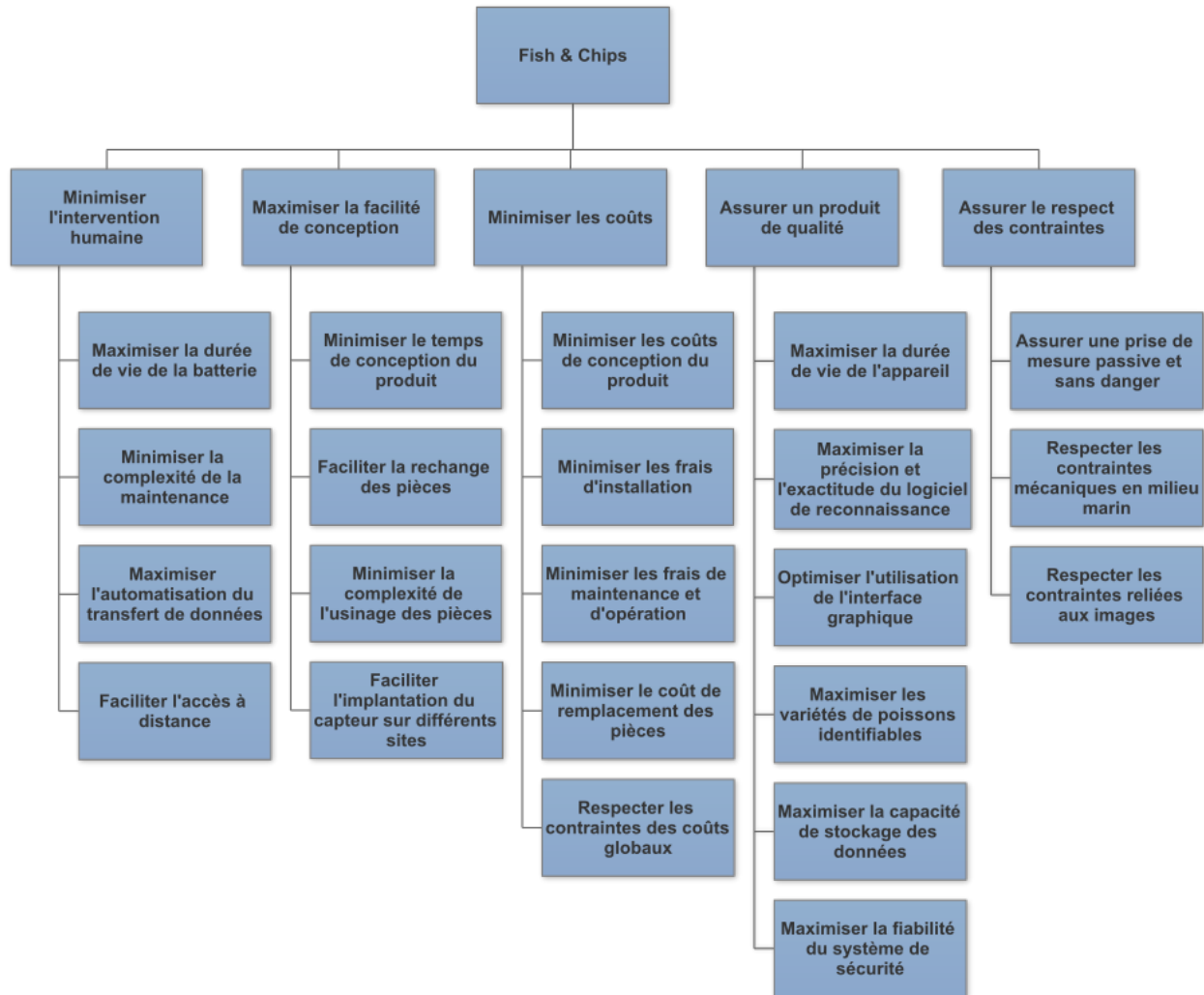


FIGURE 3.1 – Organigramme des objectifs du projet Fish & Chips

Chapitre 4

Cahier des charges

4.1 Tableau des critères

Critères	Pondération	Barème	Min.	Max.
Intervention humaine	20%			
Durée de vie de la batterie [jours]	4%	Table 4.2	14	
Complexité de la maintenance	4%	Table 4.3		
Automatisation du transfert de données	6%	Table 4.4		
Accès à distance	6%	Table 4.5		
Qualité du produit	40%			
Durée de vie de l'appareil [années]	4%	Éq. 4.1		
Précision du logiciel de reconnaissance [%]	10%	Éq. 4.2		
Utilisation de l'interface graphique	2%	Table 4.6		
Identification des poissons [poissons]	10%	Éq. 4.3	5	
Capacité de stockage des données	7%	Table 4.7		
Fiabilité du système de sécurité	7%	Éq. 4.4		
Coûts	15%			
Coûts de conception du produit [\$]	4%	Éq. 4.5		10K
Frais d'installation [\$]	2%	Éq. 4.6		
Frais de maintenance et d'opération [\$]	4%	Éq. 4.7		
Coûts de remplacement des pièces [\$]	1%	Éq. 4.8		
Évaluation globale des coûts [\$]	4%	Table 4.8		50K
Facilité de conception	10%			
Temps de conception du produit [jours]	3%	Éq. 4.9		
Rechange des pièces	3%	Table 4.9		
Complexité de l'usinage des pièces	2%	Table 4.10		
Implantation du capteur	2%	Table 4.11		
Respect des contraintes	15%			
Prise de mesure passive	7%	Table 4.12		
Contraintes mécaniques	5%	Table 4.13		
Contraintes des images	3%	Table 4.14		

TABLE 4.1 – Table des critères du projet Fish & Chips

4.2 Intervention humaine

En analysant les demandes du client, on se rend vite compte que l'automatisation du système sera un élément prépondérant dans notre système. Pour parvenir à un système autonome, il faudra impérativement tenir compte de certains aspects comme la durée de vie de la batterie, l'automatisation des transferts de données, l'accès à distance ainsi que la complexité de la maintenance qu'il faudra minimiser afin de réduire au maximum l'intervention humaine. Compte tenu de l'importance de cet aspect dans le projet, l'équipe de conception attribue une pondération de 20%.

4.2.1 Durée de vie de la batterie

Dans l'objectif d'atteindre une autonomie minimale de deux semaines, il est nécessaire d'optimiser le système d'alimentation du capteur. De plus, afin de ne pas limiter la disponibilité du capteur, il est idéal d'utiliser une batterie à cet effet. Une batterie rechargeable permettrait également d'augmenter significativement la durée de vie du capteur optique. La durée de vie minimale demandée est de deux semaines. Le système répond entièrement au critère si celui-ci est en mesure d'accomplir deux cycles de 14 jours. De cette manière, l'opérateur possède un cycle additionnel en cas d'oubli de rechargement. L'autonomie de la batterie est évaluée selon la table 4.2.

Autonomie de la batterie	Pondération
Au moins 28 jours	1.0
Entre 22 et 27 jours	0.8
Entre 15 et 21 jours	0.6
Moins de 14 jours	0.0

TABLE 4.2 – Évaluation de la durée de vie de la batterie

4.2.2 Complexité de la maintenance

À ce sujet, il faut reconnaître que, sur le long terme, il peut y avoir des imprévus, même si tous les moyens nécessaires sont mis en œuvre pour les éviter. En cas d'imprévu, ce qui démarque un système des compétiteurs, c'est surtout comment y remédier, avec quelle facilité ou simplicité résoudre les problèmes survenus. Il s'agit là de minimiser la complexité de la maintenance en cas de pannes ou lors des entretiens. Le système le plus optimal à ce sujet est celui dont la maintenance nécessite le moins d'outils, le moins de temps et le moins d'entretien possible à long terme. Ainsi, la complexité de la maintenance comprend le nombre d'outils, le temps et la fréquence d'entretien nécessaire qui correspondent respectivement à 1%, 1% et 2% du projet. Le critère présenté à la table 4.3 équivaut donc à une pondération totale de 4% du projet.

Critères	Barème
Nombre d'outils requis	
2 et moins	1.0
3	0.7
4	0.4
5 et plus	0.0
Temps nécessaire	
Moins de 30 minutes	1.0
Entre 30 et 60 minutes	0.7
Entre 60 et 120 minutes	0.4
Plus de 120 minutes	0.0
Fréquence d'entretien	
Une fois par année	1.0
Deux fois par an	0.7
Trois fois par an	0.4
Quatre fois ou plus par an	0.0

TABLE 4.3 – Évaluation de la complexité de la maintenance

4.2.3 Automatisation du transfert de données

Rappelons que dans le mandat qui a été attribué, le client attend principalement le design d'un système autonome. Cette spécification fait de l'autonomie un aspect important de notre projet. Ce qui lui a valu la pondération de 6% dans le cahier des charges. Après la prise des images, le système doit être en mesure de les transmettre automatiquement et de les sauvegarder pour une période de deux ans au minimum sans que l'opérateur ait besoin de déplacer manuellement les données. Pour cela, on se servira d'une échelle de 0 à 1 pour évaluer à quel point nos concepts respecterons ce critère. La barème est présenté à la table 4.4.

Transfert de données	Pondération
Automatique et haute vitesse	1.0
Automatique	0.5
Manuel	0.0

TABLE 4.4 – Évaluation du barème du transfert de données

4.2.4 Accès à distance

Le système que nous devons mettre en place va opérer dans un milieu où il n'est pas en contact avec l'être humain. En effet, notre système doit être capable de fonctionner à des profondeurs pouvant atteindre les 50m sous l'eau. C'est pour cette raison qu'il est important de pouvoir le contrôler à distance afin d'avoir continuellement accès au système. Ainsi, nous évaluerons ce critère à la table 4.5 en utilisant le barème suivant avec X comme étant la distance qui sépare le poste de contrôle local et le système en mètres (m).

Distance [m]	Barème
$X > 2000$	1.0
$1000 < X < 2000$	0.9
$750 < X < 1000$	0.8
$500 < X < 750$	0.6
$250 < X < 500$	0.4
$100 < X < 250$	0.2
$X < 100$	0.0

TABLE 4.5 – Évaluation du barème de l'accès à distance

4.3 Assurer la qualité de conception

4.3.1 Durée de vie de l'appareil

La qualité supérieure du produit est un aspect déterminant du calcul de performance du design : c'est pourquoi la longévité de l'appareil entre nécessairement en ligne de compte (pondération de 4%). La résistance de l'ensemble des composantes de la caméra se devra d'être une caractéristique à maximiser dans l'application imposée par le ministère. La résistance à la corrosion des matériaux, la contrainte de tension élastique, la tenue de vie en fatigue et la durée de vie générale des composantes électroniques incluses dans le design sont à considérer. Puisque la qualité du produit rejoint la section portant sur son autonomie, on devra porter une attention particulière à la tenue du produit à long terme : la grande durée de vie de l'appareil assure une intervention humaine minimisée. On accorde une fonction de type linéaire au barème de durée de vie de l'appareil pour assurer une valeur ajoutée constante en fonction du temps en années. Au-delà d'une période de 10 ans, on considère ce critère comme étant complètement satisfait, d'où la division par 10. Le barème prend donc la forme

suivante :

$$y = \frac{x}{10} \quad (4.1)$$

4.3.2 Précision du logiciel de reconnaissance

Le logiciel de reconnaissance du poisson étant au coeur du projet de conception, on donnera une certaine importance à la précision et l'exactitude du programme pour assurer une collecte de données efficace (pondération de 10%). De plus, un logiciel incapable de faire une bonne différenciation des espèces de poissons ruine l'ensemble des investissements ultérieurs : une excellente caméra ne vaut rien sans un logiciel de qualité. Par contre, à une différenciation d'exactitude dans les très hauts pourcentages (85 à 100), on donnera graduellement moins d'importance aux variations d'efficacité. À un tel niveau d'exactitude, on laissera plus d'importance aux autres caractéristiques en considérant la précision de l'appareil déjà pratiquement maximisée. La fonction quantifiant la qualité de la reconnaissance du poisson s'apparente à une fonction de type racine carrée tel que présenté ci-contre :

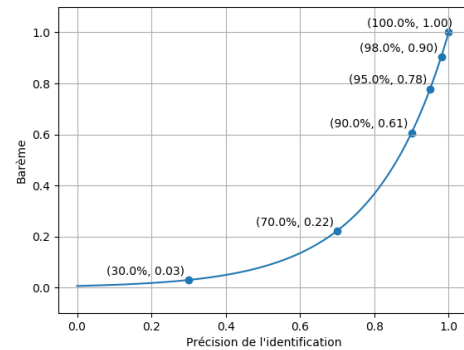


FIGURE 4.1 – Illustration du barème pour la précision de l'identification des poissons

$$y = e^{5(x-1)} \quad (4.2)$$

4.3.3 Utilisation de l'interface graphique

Puisque l'optique principale de ce projet tourne autour une automatisation des tâches, l'aisance d'utilisation de l'interface lors de l'accès aux données et des opérations de maintenance bimensuelles rejoint tout autant la ligne directrice du design d'appareil (pondération de 2%). La différenciation entre un interface graphique excellent et médiocre étant difficile à quantifier par calcul, on donnera un barème sous forme de charte, où la valeur la plus grande sera accordée à une qualification de "très intuitive" et la plus faible à "très difficile d'utilisation". La charte des barèmes est présentée à la table 4.6.

Difficulté de l'utilisation de l'interface	Barème
Très facile	1.0
Facile	0.8
Intermédiaire	0.6
Difficile	0.4
Très difficile	0.0

TABLE 4.6 – Évaluation du barème de l'interface graphique

4.3.4 Identification des poissons

La quantité de poissons reste également à considérer dans l'implantation du système dans la mesure où deux sites différents peuvent chacun comporter une faune aquatique distinctive. Une optimisation de la taille de la librairie des poissons est d'une grande importance lors de la collecte des données par l'appareil : ce dernier doit évidemment être en mesure d'effectuer une bonne reconnaissance du type de poisson. On donnera donc à cette session une pondération de 10%. Une variété de poisson trop stricte de la librairie causerait une collecte de données erronées dans certain milieux. Il est aussi à noter que le nombre de poissons à considérer est de cinq par site. On définira une équation exponentielle pour la gradation de ce barème : la clé du succès de ce critère repose dans la maximisation du nombre de poisson reconnaissables par la caméra. Par contre, on accordera graduellement moins d'importance à ce critère si le logiciel accepte déjà une grande quantité d'espèces marines. Avec un tel barème, on peut ainsi assurer la compatibilité du logiciel pour son implantation dans différents sites où la faune aquatique pourrait varier.

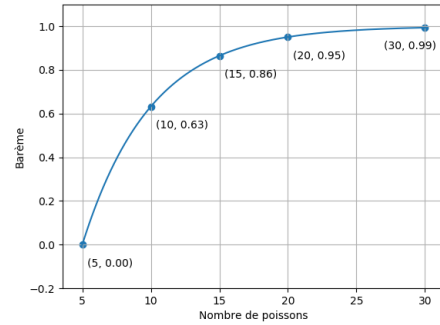


FIGURE 4.2 – Barème pour le nombre de poissons à identifier

$$y = -e^{-0.2(x-5)} + 1 \quad (4.3)$$

4.3.5 Capacité de stockage des données

La collecte de données est un aspect primordial dans l'énonciation des critères imposés par le ministère : il est impératif que la taille de stockage puisse accepter des données allant jusqu'à une période de deux ans, et ce, à des fins de vérification. Il est à souligner ici qu'il n'y a aucun avantage à stocker les données pendant une période plus importante que celle imposée par le ministère : c'est pourquoi un barème de type binaire est le plus approprié ici. On affectera la valeur 1 au critère si le système de stockage de données répond bien au besoins du client, et 0 si le critère n'est pas satisfait (Table 4.7).

Capacité de stockage des données	Barème
Répond aux critères	1
Ne répond pas aux critères	0

TABLE 4.7 – Évaluation du barème du stockage de données

4.3.6 Fiabilité du système de sécurité

La confidentialité et l'authenticité des données est primordiale dans un tel projet : c'est pourquoi une grande partie de la cote associée à la qualité du design dépendra de la sécurité du produit. C'est pourquoi un 7% de la note sera accordée à la sécurité. Plusieurs protocoles

de conservation et de transfert des données devront être mis en place, et ce seront justement ici le nombre et la qualité des couches de sécurité offertes par le produit qui permettront une véritable quantification de ce critère. Puisque le système à livrer est fortement axé sur l'autonomie et l'accès à distance, un système qui est facilement compromis est à proscrire à tout prix. Une fonction exponentielle représente parfaitement l'enjeu ici : la moindre faiblesse du système de sécurité peut rendre le produit complètement inutilisable. Le niveau de sécurité x est une combinaison du nombre de couches de sécurité pondéré par leurs qualités respectives.

$$y = 0.849e^{0.014x} \quad (4.4)$$

4.4 Coûts

Une limite des coûts a été établie : on ne peut dépasser 10 000 dollars de frais matériel et 40 000 dollars de coûts humains. Ainsi, ces deux éléments sont à traiter indépendamment l'un de l'autre mais on peut considérer l'importance d'un coût global de 50 000 dollars. De ce fait, on considère une proportion égale de ces deux sources de dépense lors de l'évaluation globale des coûts afin de simplifier l'analyse et la compréhension des coûts liés à la fabrication et à l'entretien de la machine. Cependant, un budget attribué sera alloué à chacune de ses sections pour chaque source de dépense spécifique, et seront considérés séparément au moment de l'analyse des coûts du produit.

4.4.1 Coûts de conception du produit

La première étape précédant l'utilisation de la machine, est sa conception. Cette partie est non négligeable dans le processus d'analyse des coûts de la machine car elle représente la plus grande source de dépense en matériaux. Afin de combler les besoins du Ministère, on cherche à minimiser les coûts totaux liés à la fabrication de la machine. Toutefois, en adoptant un budget minimal pour fabriquer le système, les composants choisis ne seront pas les plus performants. De plus, cette machine doit être le plus autonome possible et doit donc nécessiter le moins de maintenance possible. On a donc un certain avantage à dépenser un peu plus que le minimum, pour obtenir une machine qui dure plus longtemps sans intervention. En parallèle, il faut limiter les coûts pour que le Ministère puisse économiser et favorisera ainsi le projet. Ainsi, la fonction décrivant l'efficacité par rapport au coût de production suit une forme suivante :

$$E(S) = \frac{-(S - 10000)^2 + 100000}{100000000} + 1 \quad (4.5)$$

Ici S représente le montant en dollars canadiens investis à partir du budget matériel en S varie entre 0 et 10 000. E représente l'efficacité notée sur 1. Le budget matériel est au maximum de 10 000 dollars. Considérant l'importance du respect des coûts de conception, une pondération de 4% a donc été attribué à ce critère.

4.4.2 Frais d'installation

Ici, il est certain que chercher à dépenser pour l'installation est futile. En effet, on ne cherche qu'à placer la machine là où les mesures seront faites. Ainsi, si on ne dépense que le strict minimum sur l'installation, on pourra avoir un budget optimal sans se limiter sur un autre aspect du projet. Pour les frais d'installation, on a attribué une pondération de 2% de l'ensemble du projet. On peut représenter cette composante des frais sous la forme :

$$E(S) = \frac{10}{S + 10} \quad (4.6)$$

4.4.3 Frais de maintenance et d'opération

En ce qui concerne les frais de maintenance et d'opérations, on se retrouve face à un dilemme similaire à celui du coût de constructions. En effet, si on investit trop peu d'argent, la machine se brisera plus rapidement et il faudra déboursier encore plus dans la machine. Cependant, on cherche à limiter l'argent mis dans le projet pour ne pas trop alléger le portefeuille du ministère. Ainsi, on retrouve une fonction telle que :

$$E(S) = \frac{-(S - 20000)^2 + 100000000}{100000000} \quad (4.7)$$

Ici, tel que précédemment, on doit dépenser un certain montant pour s'assurer du fonctionnement du procédé de collecte de données et de l'entretien, si on en a le besoin. De ce fait, on cherche à ne pas dépasser 2000 dollars d'investissement mais viser à dépenser moins ne serait pas une décision des plus sages. Également on paye pour les employés qui seront formés et travailleront auprès du robot. Les frais de maintenance et d'opération représente 4% du projet.

4.4.4 Coûts de remplacement des pièces

Enfin, s'il est nécessaire de racheter certaines pièces, il faut considérer s'il ne serait pas préférable de ne pas remplacer complètement la machine. Si les coûts arrivent proches de celui d'une nouvelle machine, il sera alors préférable d'en racheter une nouvelle car elle aura une meilleure durée de vie dans tous les cas. À partir de 20 000 dollars de réparation, il est impératif de changer de robot. Donc, l'efficacité en fonction du prix suit une courbe linéaire de type :

$$E(S) = 1 - 0.0005 \cdot S \quad (4.8)$$

4.4.5 Évaluation globale des coûts

Considérant l'importance de respecter les coûts de conception et de main-d'oeuvres, l'évaluation globale des coûts possède une pondération de 4%. En effet, tel que demandé par le client, les frais de main-d'oeuvres ne doivent pas dépasser les 40 000\$ alors que les frais de conception ne doivent pas dépasser 10 000\$. En somme, les coûts globaux ne doivent pas

atteindre plus que 50 000\$ sans quoi la solution sera systématiquement rejetée. Le barème est défini à la table 4.8.

4.5 Facilité de conception

4.5.1 Temps de conception du produit

Le temps de conception du produit doit être minimisé pour des raisons pratiques et financières : si le produit prend peu de temps à concevoir, il pourra être déployé plus rapidement et les coûts de conception en temps de personnel seront diminués. La formule utilisée pour le barème est la suivante :

$$y = e^{-0.14t} \quad (4.9)$$

où le temps est exprimé en jours.

Prix	Barème
Entre 0\$ à 20 000\$	1.0
De 20 000\$ à 35 000\$	0.7
De 35 000\$ à 50 000\$	0.4
Supérieur à 50 000\$	0.0

TABLE 4.8 – Évaluation du barème des coûts globaux

4.5.2 Rechange des pièces

Bien que toutes les mesures seront prises pour que ça n'arrive pas, il se pourrait qu'il y ait un bris quelconque dans le système. Le produit doit donc être bien conçu pour que la rechange des pièces soit facile. Une rechange des pièces qualifiée de «très facile» pourrait être fait par n'importe qui, et ce, même si la personne en charge n'est pas manuelle. Une rechange des pièces qui est «difficile» est tout de même préférable, puisqu'au moins il est possible de changer les pièces. Le pire des cas serait une rechange «impossible» où il faudrait changer tout le système s'il y a un bris quelconque, même dans un dispositif anodin. Le barème est présenté à la table 4.9.

Difficulté de la rechange des pièces	Barème
Très facile	1.00
Facile	0.75
Difficile	0.50
Très difficile	0.25
Impossible	0.00

TABLE 4.9 – Évaluation du barème de la difficulté de la rechange des pièces

4.5.3 Complexité de l'usinage des pièces

À toutes fins pratiques, le projet tire avantage à ce que l'usinage des pièces soit le moins complexe possible. Des pièces plus faciles à usiner feront diminuer le temps lié à la conception du produit et aussi aux dépenses reliées à l'équipement requis pour la conception. Dans une optique où le coût du projet doit être minimisé, il est nécessaire de prendre en compte la complexité de l'usinage des pièces. Le barème est présenté à la table 4.10. Un usinage dit «très peu complexe» correspond à un usinage ou un assemblage qui pourrait entièrement se faire avec des outils de base. On pense par exemple à un atelier dans une

Complexité de l'usinage des pièces	Barème
Très peu complexe	1.00
Peu complexe	0.75
Neutre	0.50
Complexe	0.25
Très complexe	0.00

TABLE 4.10 – Barème de la complexité de l'usinage des pièces

maison. Un usinage «peu complexe» à «complexe» pourrait se réaliser avec l'aide d'outils plus spécialisés, dépendamment du nombre d'outils spécialisés. Un usinage «très complexe» serait fait avec l'aide d'un machiniste ou un autre spécialiste qui devrait travailler plusieurs pièces afin de les assembler.

4.5.4 Implantation du capteur

Puisque le client souhaite implanter le capteur sur plusieurs sites pour acquérir des données, on considère qu'il serait préférable que l'installation du capteur soit facile. C'est aussi avantageux d'un point de vue économique puisque cela pourrait potentiellement réduire les frais d'installation. Étant donné c'est le client qui se charge d'implanter et d'installer le capteur sur les sites, il est de notre devoir de lui faciliter la tâche pour lui donner un meilleur service. Une implantation «très peu complexe» pourrait être faite par un employé non spécialisé. À l'opposé, une implantation «très complexe» pourrait seulement être faite par un technicien qui connaît bien le produit. Le barème est montré à la table 4.11.

Facilité de l'implantation du capteur	Barème
Très peu complexe	1.00
Peu complexe	0.75
Neutre	0.50
Complexe	0.25
Très complexe	0.00

TABLE 4.11 – Évaluation du barème de la facilité de l'implantation du capteur

4.6 Respect des contraintes

4.6.1 Prise de mesure passive

Bien que l'objectif principal du capteur est d'identifier une variété de poissons dans un milieu aquatique, il est nécessaire que cette identification n'affecte pas le mode de vie des poissons. En effet, l'une des principales motivations du client à l'égard du projet Fish & Chips est d'assurer une mesure passive. Le capteur optique ne doit en aucun cas perturber l'environnement des poissons évoluant sur le site. Une importance relative de 7% est donc accordé à ce critère. En cas de perturbation de l'environnement, le design est automatiquement rejeté, comme le précise la table 4.12.

Degré de passivité du système	Barème
Le système assure une mesure passive	1.0
Le système n'assure pas une mesure passive	0.0

TABLE 4.12 – Évaluation du barème du degré de passivité du système

4.6.2 Contraintes mécaniques

Le capteur optique doit respecter certaines contraintes physiques et mécaniques. Le non respect de ces contraintes ne doit en aucun cas affecter les fonctionnalités du système. De

plus, l'aspect physique du capteur optique ne doit pas être un facteur pouvant perturber l'environnement des poissons. C'est dans cette optique qu'on attribue aux contraintes mécaniques une pondération de 5% de l'ensemble du projet. Ce barème a été calculé considérant le tableau 4.13 et les caractéristiques suivantes :

Le capteur optique doit posséder une masse inférieure à 5kg sous l'eau. Le volume du capteur sous l'eau se doit de ne pas dépasser $0.3m^3$. Le capteur doit être fonctionnel jusqu'à une profondeur de 50 pieds. Le système doit supporter une température entre $+5^{\circ}C$ et $-10^{\circ}C$ par rapport à la température de l'eau où le capteur sera situé.

Caractéristiques mécaniques respectées	Barème
Le système respecte l'ensemble des caractéristiques	1.0
Le système ne respecte pas l'une des caractéristiques	0.0

TABLE 4.13 – Évaluation des contraintes mécaniques du système

4.6.3 Contraintes des images

En plus reconnaître et de comptabiliser des espèces de poissons, le système doit être en mesure de prendre une image du poisson identifié à des fins de validation. Ces images comprennent quelques caractéristiques à respecter tel que demandé par le Ministère de la Faune Aquatique. La qualité des images est nécessaire afin de maximiser la précision de l'identification des poissons. La pondération de ce critère est mesurée à l'aide du tableau 4.14 et des caractéristiques suivantes :

Les images capturées doivent être en couleur. La taille des images ne doit pas excéder 8 bits. Les dimensions des photos doivent être de 100 X 100 pixels. Chacune des images recueillies doivent également fournir la date et l'heure, la température interne du système, la température de l'eau et l'identification du poisson. Le capteur optique doit être en mesure d'observer des spécimens de plus de 6cm. Le système doit être en mesure de capter des poissons dans un volume minimal de $1m^3$.

Considérant l'ensemble de ces caractéristiques, on a accordé une pondération de 3% pour les contraintes des images.

Caractéristiques des images respectées	Barème
Le système respecte l'ensemble des caractéristiques	1.0
Le système ne respecte pas l'une des caractéristiques	0.0

TABLE 4.14 – Évaluation des contraintes liées aux images

4.7 Maison de qualité

◊: lien faible, □: lien moyen, ●: lien fort		Maximiser la durée de vie de la batterie	Minimiser la complexité de la maintenance	Maximiser l'automatisation du transfert de données	Faciliter l'accès à distance	Faciliter la recharge des piles	Minimiser la complexité de l'usage des piles	Minimiser les coûts de conception du produit	Minimiser les frais de maintenance et d'opération	Minimiser le coût de remplacement des piles	Maximiser la durée de vie de l'appareil	Logiciel de reconnaissance précis et exact	Interface graphique intuitive et facilement utilisable	Maximiser les variétés de poissons identifiables	Assurer une bonne capacité de stockage de données	Fidélité du système de sécurité	Assurer une prise de mesure passive et sans danger	Respect des contraintes liées aux images
Intervention humaine	Maximiser l'alimentation du capteur	●																
	Minimiser le nombre d'outils		●															
	Maximiser l'accessibilité			●	□													
	Maximiser l'acquisition de données		●															
Assurer la qualité de conception	Maximiser la portée de partage de données			□	●													
	Maximiser la longévité des composantes du projet					□					●							
	Maximiser le bon traitement de la machine					●		◊										
	Maximiser l'efficacité de la caméra												●	◊		□	◊	
	Maximiser les compétences du logiciel											●	□	◊				
Coûts	Maximiser les données traitées par le logiciel													●				
	Maximiser la sécurisation des données														●			
	Minimiser le nombre d'employés travaillant sur la machine		●			□		◊										
	Maximiser le rapport qualité/prix des produits						●	□	□									
Facilité de conception	Optimiser les conditions de travail de la machine		●															
	Minimiser les frais d'entraînements de la machine		□															
	Minimiser le temps de déploiement	●							□									
	Maximiser la disponibilité des piles				●	□	●	◊										
Respect des contraintes	Maximiser la simplicité des piles		●		□	●												
	Maximiser la simplicité du capteur		□			●												
	Minimiser l'impact de la machine sur l'environnement											□					●	●
	Maximiser la résistance de la machine à la pression														◊	□	●	●
Maximiser la quantité de poissons reconnus												●					●	◊
Durée minimale de 14 jours																		
Un budget maximal de 50 000€																		
Durée de vie d'au moins 10 ans																		
Doit pouvoir identifier 6 gros poissons																		
Au moins 100 pixels par 100 pixels																		
Contraintes																		

FIGURE 4.3 – Maison de qualité du projet Fish & Chips

Chapitre 5

Conceptualisation et analyse de faisabilité

5.1 Diagramme fonctionnel

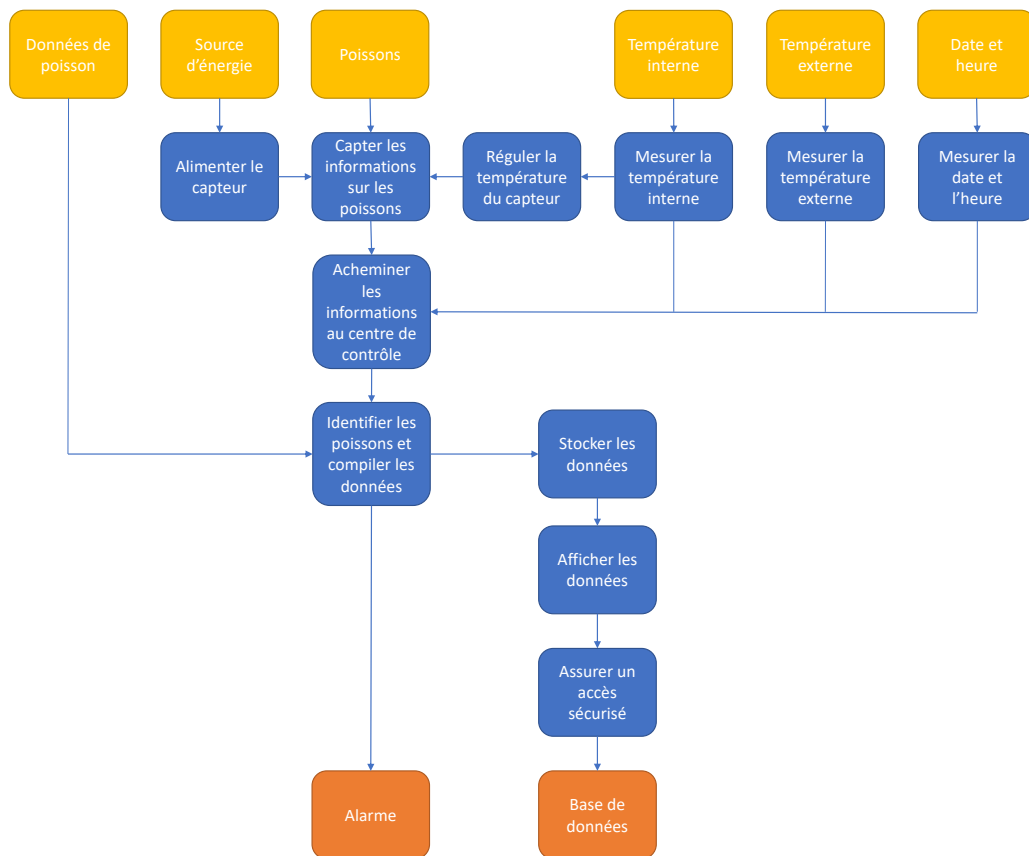


FIGURE 5.1 – Diagramme fonctionnel du projet Fish & Chips

La figure 5.1 présente le diagramme fonctionnel du design pour le projet Fish & Chips. Les intrants y sont présentés en jaune, les fonctions en bleu et les extrants en rouge.

Les intrants constituent toutes les données nécessaires au projet que l'on extrait de l'environnement. Les poissons sont au coeur du projet : à l'aide d'une mesure passive, ils devront être analysés et identifiés par un système de reconnaissance. Le MFA souhaite comptabiliser les espèces de poissons d'eau douce du Québec qui font plus de 6 cm de long. Pour ce faire, des données de poissons seront fournies au système de reconnaissance. Elles seront sous une forme de base de données qui comprendra plusieurs photos de poissons de chaque espèce sous différents angles de vue avec leur espèce correspondante. Cela servira à l'entraînement ou de référence au système d'identification. Ensuite, une source d'énergie sera tirée de l'environnement ou d'une composante pour alimenter le dispositif qui sera chargé de capter les données brutes sur les poissons. La température interne du dispositif de mesure des poissons, la température de l'eau ainsi que la date et l'heure sont nécessaires à la création de la vignette. De plus, certaines de ces données serviront à déterminer s'il y a une erreur dans le système pour avertir un utilisateur.

Les extrants sont les produits du système. Le point central du design est de produire une base de données contenant toutes les vignettes de poissons identifiés, les statistiques sur les populations des différentes espèces, les images originales enregistrées pour une durée de 2 ans ainsi que d'autres informations connexes comme les commentaires, les paramètres de configuration et les alarmes. Les alarmes seront envoyées à un responsable sous la forme d'un message lui avertissant que le fonctionnement du système peut être compromis.

5.2 Conceptualisation et analyse des solutions

5.2.1 Capter les informations sur les poissons

Afin d'optimiser et de faciliter l'identification des poissons, il est nécessaire d'utiliser un système de détection de qualité. En ce sens, il est primordial que le capteur optique utilisé soit fiable et efficace. Le capteur optique a comme responsabilité de détecter les poissons de même que prendre une image de ceux-ci. Cependant, son utilisation ne doit en aucun cas perturber l'environnement de la faune aquatique.

Aspects physiques :

- Sous l'eau, la solution doit posséder une masse inférieure à 5kg.
- Sous l'eau, la solution doit posséder un volume de moins de 0.3m³.
- La solution doit être utilisable jusqu'à une profondeur de 50 pieds.
- La température interne de la solution doit rester entre -6°C et 30°C.

Aspects économiques :

- La solution doit être la moins dispendieuse possible.

Aspects temporels :

- Le temps de développement de la solution doit être minimisé.

- Le temps de livraison de la solution doit être minimisé.

Aspects socio-environnementaux :

- La solution doit assurer une mesure passive.

5.2.1.1 GoPro Hero7 Black Edition

Description : La GoPro Hero7 Black comporte plusieurs fonctionnalités. Elle peut prendre des images de 12 méga-pixels à grande gamme dynamique (HDR) et des vidéos allant de 720p à 4K. La GoPro peut également prendre entre 24 et 240 images par secondes. Elle comprend un système de stabilisation d'images idéal pour la détection de poissons et un mode pour la vision nocturne. Sa fonctionnalité « Live Streaming » ainsi que son système de connexion Wi-Fi et Bluetooth intégré permettraient également de relever les données sur les poissons en temps réels. Un système intégré GPS permet de la localiser en tout temps. La GoPro est livrable entre 3 et 6 jours à des frais d'environ 560\$.

Décision : Retenu, mais.

Justification : La GoPro Hero7 Black Edition comporte de nombreux avantages et réponds aux exigences du client. En effet, la masse de la caméra est de 0,116kg et son volume est de $9,2309 \times 10^{-5} \text{m}^3$. Il s'agit d'une caméra très fiable et utilisée dans des conditions climatiques extrêmes. Cependant, la GoPro peut seulement atteindre une profondeur de 33 pieds. Des frais additionnels d'environ 67\$ sont donc nécessaire pour l'achat d'un boîtier de plongée permettant à la caméra d'atteindre une profondeur de 196 pieds. Malgré les coûts supplémentaires, la GoPro reste abordable comparé à ses concurrents sur le marché.

Références : [3] [4]

5.2.1.2 HP2W Hyperfire 2 Professionnal White Flash Camera

Description : Conçu pour la chasse, cette caméra offre beaucoup de fonctionnalités intéressantes dans le cadre du projet Fish & Chips. La HP2W peut prendre des images de 3 méga-pixels et des vidéos de 720p à haute définition. La caméra peut ainsi prendre entre 5 et 450 images par secondes. Elle peut fonctionner à des températures allant de -40°F à $+140^{\circ}\text{F}$ et elle possède un détecteur de mouvements et un flash intégré pour la nuit. Son prix incluant les frais de livraison monte à environ 660\$.

Décision : Retenu, mais.

Justification : Cette caméra de chasse professionnelle répond à l'ensemble des exigences du projet. Elle possède une masse de 0,380kg et un volume de $1,0143 \times 10^{-3} \text{m}^3$. La HP2W respecte également les contraintes de températures. Aucune informations concernant l'étanchéité du produit est spécifié. Le boîtier est néanmoins capable de résister à des fortes tempêtes de pluie.

Références : [5]

5.2.1.3 GoFishCam

Description : La GoFishCam est une caméra utilisée pour la pêche. Elle peut enregistrer des vidéos de haute définition de 720p et de 1080p. Elle peut prendre entre 30 et 60 images par seconde. Cette caméra est conçue avec du matériel militaire et sa forme aérodynamique permet une stabilisation d'image lors de l'enregistrement. La GoFishCam comprend des diodes électroluminescentes (LEDs) efficace pour la vision de nuit. Son prix s'élève à environ 325\$ et est livrable entre 10 et 15 jours.

Décision : Retenu.

Justification : La GoFishCam comprend étonnamment des spécifications techniques adéquates pour le projet. En effet, la caméra peut atteindre une profondeur de près de 500 pieds et possède une masse de 0,094kg. La GoFishCam respecte également les contraintes reliées au volume. En effet, elle possède un volume d'environ $8,624 \times 10^{-5} \text{m}^3$. La caméra possède également un système de Wi-Fi intégré et une fonction « Live Stream » permettant la diffusion en directe sur une application.

Références : [6]

5.2.1.4 Capteur d'image OV5640

Description : Cette solution permet de créer notre propre caméra à l'aide du capteur d'image CMOS OV5640 (modèle ELP-USB500W02M-AF60). Ce capteur permet d'enregistrer des images de 5 méga-pixel, dont la résolution maximale est de 2592x1944 pixels. Il peut prendre entre 15 et 30 images par seconde, et ce, en couleur et en haute définition. Le capteur peut prendre des images des objets situés entre 5cm et 100m de la lentille. Ce capteur peut être opérationnel à des températures variant entre -20°C et 70°C . Un tel système est composé d'un senseur et d'une lentille pour imager sur le senseur. Ainsi, il s'agit d'un système simple, léger et complètement programmable par port USB. Par ailleurs, puisque le capteur ne peut être submergé, il aurait un boîtier fait en aluminium 2014-T6 et une fenêtre en PMMA¹ encastrée pour permettre de voir au travers comme montré à la figure C.1. Il serait contenu dans un volume de 0.04m^3 et il aurait une masse totale de 2.25kg avec les données de l'annexe C.

Décision : Retenu, mais.

Justification : Le principal avantage de la création d'un système de capture d'image est le coût. En effet, un tel système coûte seulement 60\$ et est livrable entre 3 et 13 jours. Les coûts du boîtier sont présentés à la table C.1. Il respecte aussi les contraintes de température. Une telle conception respecte également les spécification requise à la qualité d'image. Cependant, un tel système est davantage complexe puisqu'il faut s'assurer de l'étanchéité du capteur. Pour ce faire, il est possible de souder 6 plaques d'aluminium ensemble dont l'une ayant un vitre en PMMA encastrée. Dans le cadre du projet, la pression à 15.25m est de 251kPa. L'aluminium résiste jusqu'à une pression de 414MPa et le PMMA résiste jusqu'à une pression de 45MPa, ce qui est amplement suffisant pour le projet Fish & Chips.

Références : [7] [8] [9] [10]

1. Communément appelé Plexiglas™

Concepts	Aspects de l'analyse				Décision
	Physiques	Économiques	Temporels	Socio-envir	
GoPro Hero7 Black	Oui, mais	Oui	Oui	Oui	Retenu, mais
HP2W Hyperfire 2	Oui, mais	Oui	Oui	Oui	Retenu, mais
GoFishCam	Oui	Oui	Oui	Oui	Retenu
Capteur OV5640	Oui, mais	Oui	Oui	Oui	Retenu, mais

TABLE 5.1 – Faisabilité des concepts pour capter les informations sur les poissons

5.2.2 Alimenter le capteur

Cette fonction permet l'alimentation en énergie du système. C'est une fonction assez importante car le système a besoin d'énergie pour fonctionner. Le client demande un système capable de fonctionner 24 heures sur 24 pour une durée minimum de 14 jours en zone éloignée. Ainsi les aspects que nous utiliserons pour évaluer les critères de faisabilités sont les suivants :

Aspects physiques :

- Dimensions de la solution, intensités et fiabilité de la solution. La solution doit opérer pendant au moins 14 jours ou encore 50mAh.

Aspects économiques :

- La solution doit être la moins coûteuse possible.

Aspects temporels :

- Disponibilité de la solution.

Aspects socio-environnementaux :

- Le système doit être sécuritaire pour l'environnement.

5.2.2.1 Batterie au lithium :

Description : Pour alimenter notre système, on peut se servir des batteries au lithium telle que Energizer Ultimate Lithium. Ces piles, lorsqu'elles sont utilisées dans certains capteurs comme la caméra HP2W Hyperfire 2 (voir 5.2.1.2), ont une durée de vie s'étalant sur deux ans ou encore 40000 images ce qui nous permettra de répondre aux attentes du client. En plus d'une bonne durée de vie, les coûts de ces batteries sont très bas, on parle de 17.87\$ la douzaine chez Walmart. Elles sont également performantes dans les températures extrêmes allant de -40°C à 60°C. Ces batteries de 1.5V ne sont pas rechargeables et ne présentent pas de risques pour l'environnement.

Décision : Retenu.

Justification : Peu coûteuse et facilement accessible chez plusieurs fournisseurs, cette option respecte nos contraintes économiques et temporels. Aussi en empilant un certain nombre de ces batteries on aboutie à une alimentation fiable et sécuritaire. De cette manière, nos contraintes physiques et socio-environnementaux sont également respectées.

Références : [64]

5.2.2.2 Batterie Power Bank :

Description : Ce concept consiste à se servir de Power Bank de type Anker qui n'est rien d'autre qu'un chargeur portable pour alimenter notre système. Il a une haute puissance avec sortie de 4.8A . Le voltage de sortie est de 5V. Ce type de chargeur est disponible pour livraison chez Best Buy dans les 5 jours ouvrables suivant la date de l'achat, et ce, au prix de 69.09\$. Les dimensions sont approximativement de 14.5 cm pour la longueur, 6 cm pour la largeur et 2.5 cm pour la hauteur. Il faut noter que la batterie doit être fixée dans la boîte contenant le système et relié à ce dernier par un câble.

Décision : Rejeté.

Justification : Avec cette option on pourra certes répondre à la demande du client mais il faudra associer, c'est à dire, mettre en série au moins trois batteries. Ce qui fera augmenter la facture et aussi utilisera beaucoup trop d'espace dans la boîte du système.

Références : [65]

5.2.2.3 Alimentation Filaire :

Description : Pour le 3e concept, il s'agit de l'alimentation filaire. Pour cette solution, le système sera directement relié a une prise électrique située à la surface par l'entremise d'un câble d'alimentation. Si nécessaire, plusieurs cordons seront enfilés pour avoir une longueur maximale.

Décision : Retenu.

Justification : La solution filaire, en plus de réduire les coûts, permet d'alimenter constamment le système dans une configuration sécuritaire.

5.2.2.4 Panneaux solaires :

Description : Le panneau solaire externe donne également une autre possibilité pour alimenter notre système. Il est muni d'un coffre de 8x8 pouces qui contient une batterie rechargeable de 12V avec prise d'alimentation externe, qui est rechargée en permanence par le panneau solaire via un câble de 3 pouces. Avec une puissance de 7 watts et des dimensions de 13x14 pouces, le panneau solaire est une option un peu plus dispendieuse. Son prix est de 299.99\$ livrable dans les 5 jours ouvrables suivant la date de l'achat. Ce prix inclut tout le câblage ainsi que le matériel de montage. Le principal avantages de cette option est la permanence de l'énergie qui permettra à notre système de fonctionner sans interruption.

Décision : Retenu, mais.

Justification : Le concept du panneau solaire respecte nos contraintes, mais il faut mentionner qu'il peut constituer un danger lorsqu'il est mal installé.

Références : [66]

5.2.3 Acheminer les informations au centre de contrôle

Cette composante se devra de transférer les données brutes de poissons, de température et de l'heure à un poste de contrôle pour les traiter et les compiler. Elle agit donc en tant

Concepts	Aspects de l'analyse				Décision
	Physiques	Économiques	Temporels	Socio-envir	
Batterie au lithium	Oui	Oui	Oui	Oui	Retenu
Batterie Power Bank	Non	Oui, mais	Oui	Oui	Rejeté
Filaire	Oui	Oui	Oui	Oui	Retenu
Panneaux solaires	Oui	Oui, mais	Oui	Oui, mais	Retenu, mais

TABLE 5.2 – Faisabilité des concepts pour l'alimentation du système

que connexion entre le capteur et le poste de contrôle. Il est à considérer que le capteur peut se situer jusqu'à 15.25m sous l'eau et que les informations doivent être acheminées à une distance d'au moins 50m à travers l'eau comme montré à la figure [D.1](#).

Aspects physiques :

- Doit pouvoir acheminer les données au travers de l'eau jusqu'à une distance de 50m.
- Doit résister aux différentes conditions environnementales comme les conditions météorologiques et la faune et la flore aquatique.

Aspects économiques :

- Doit être le moins coûteux possible.

Aspects temporels :

- N/A.

Aspects socio-environnementaux :

- Ne doit pas être polluant pour la faune et la flore.

5.2.3.1 Utilisation de la connexion intégrée au capteur

Description : La GoPro Hero7 Black et la GoFishCam ont déjà une connexion WiFi intégrée. Il serait possible d'utiliser ces connexions pour communiquer avec le poste de contrôle via un téléphone intelligent. Le choix se pose sur le iPhone 7. Pour les deux capteurs, la connexion Wifi serait à une fréquence de 2.4GHz avec un débit de 78 Mbps. La portée serait de 50 pieds. Le coût de cette solution sera déterminé par le coût du téléphone intelligent, soit 629 \$. À chaque deux semaines, un opérateur pourrait recueillir les données enregistrées sur le iPhone et les envoyer dans le logiciel pour le traitement.

Décision : Retenu, mais.

Justification : Dans les deux cas, le transfert de données se fait via une application de téléphone intelligent. Comme le WiFi intégré dans les capteurs ne sont pas optimisés en distance, il faut que le téléphone soit submergé et alimenté en tout temps pour recueillir les données. Considérant que la batterie d'un iPhone est de 1400mAh et qu'il faut l'alimenter durant au minimum 14 jours, cela augmente drastiquement la consommation d'électricité du système. De plus, pour garder le iPhone submergé, le système devra inclure un boîtier. Le système se complexifie grandement pour une fonction qui est relativement simple. En ajoutant un boîtier à 20\$, le coût de cette composante du système s'élève à environ 650\$.

Considérant que les coûts en matériel sont limités à 10 000\$, le coût de cette composante est acceptable. De plus, ce concept ne constitue pas un danger de pollution pour les poissons.

Références : [3] [4] [6] [47]

5.2.3.2 Connexion filaire

Description : Cette solution serait un fil qui relie directement le capteur au poste de contrôle. Ce serait le fil 50m Fibre Optic USB 3.0 Cable de Lindy. Il s'agit d'un fil qui convertit les données numérique en signal optique pour acheminer les données à travers une fibre optique. Le coût de ce file est de 700\$. Une couche protectrice HWN0.13BK - Flexo Heavy Wall 3.18mm en PET sera ajoutée pour assurer la résistance du dispositif. Son coût pour une distance de 250ft (76.2m) est de 82.50\$. Le coût total est donc de 782.50\$.

Décision : Retenu.

Justification : Avec la couche protectrice, le fil à fibre optique pourra résister à l'eau et à certains chocs malgré la fragilité de la fibre optique. En effet, la gaine protectrice est prévue pour des applications marines et industrielles et peut résister au contact constant avec des surfaces abrasives, comme la terre et la roche. Avec une atténuation nominale de 2.5dBm/km, le signal optique parcourra avec les 50m avec très peu de pertes. Le fil de fibre optique peut opérer entre 0°C et 50°C, ce qui couvre l'intervalle de température de l'eau (4 à 25°C). Il remplit donc facilement les contraintes physiques reliées au projet. Comme mentionné précédemment, avec un budget en matériel de 10 000\$, il est sécuritaire de dire que ce concept remplit aussi les contraintes économiques. Le fil ne cause pas de pollution dans l'eau.

Références : [54] [55] [56]

5.2.3.3 Utilisation d'un Raspberry Pi

Description : Le Raspberry Pi peut accueillir jusqu'à 4 périphériques USB ainsi qu'une connexion WiFi. En installant un routeur au poste de contrôle et en reliant le capteur au Raspberry Pi, il serait possible de communiquer par WiFi. Une connexion standard 802.11N serait utilisée à 2.4GHz et un débit maximal de 750 Mbps. La portée d'une telle connexion peut aller jusqu'à 250m. Le coût d'un Raspberry Pi 3 – Modèle B Plus est de 46.50\$. Le routeur Synology RT2600ac à 250\$ peut accueillir le standard WiFi souhaité.

Décision : Retenu, mais.

Justification : Les ondes électromagnétiques dans les RF sont atténuées par les propriétés conductrices de l'eau ce qui pourrait compromettre l'acheminement de l'information. Cependant, comme la conductivité de l'eau douce est faible, il est possible de propager des signaux à 2.4GHz sans trop de pertes. Il faut tout de même savoir que la signal WiFi se propage en ligne droite et que la majorité de son trajet sera sous l'eau. Un tel système de pourra donc pas être trop loin du poste de contrôle. Les contraintes physiques sont donc remplies, mais ce concept comporte certaines limites. Le coût est raisonnable et les ondes EM n'interfèrent pas avec la faune et la flore aquatique. Les deux autres contraintes sont donc remplies.

Références : [57] [58] [59]

5.2.3.4 Acheminement manuel

Description : Plusieurs capteurs comportent déjà une mémoire interne sous forme de carte SD et il serait intéressant d'en tirer profit. Puisque le système doit être complètement autonome pour une durée d'au moins 14 jours, un opérateur pourrait venir récolter les informations sur la mémoire interne des capteurs à chaque deux semaines. Les données seraient ensuite transférées au poste de contrôle pour le traitement.

Décision : Retenu.

Justification : Les mémoires internes des cartes SD peut aller jusqu'à 512Go, ce qui couvre largement la tailles des données enregistrées pendant 2 semaines. La durée du transfert de données serait donc de deux semaines, mais comme, il n'est pas nécessaire d'avoir accès aux données en temps réel, c'est un délai qui reste raisonnable pour la création d'une base de données. De plus, il ne s'agit pas d'une grande corvée puisqu'il y a de grandes chances que l'opérateur doive recharger le capteur de toute façon. Si le capteur est muni d'une carte SD, le coût est nul et sinon, il serait d'une quarantaine de dollars. Il s'agit d'une solution qui remplit les trois critères demandés.

Concepts	Aspects de l'analyse				Décision
	Physiques	Économiques	Temporels	Socio-envir	
Connexion intégrée au capteur	Oui, mais	Oui	N/A	Oui	Retenu, mais
Connexion filaire	Oui	Oui	N/A	Oui	Retenu
Raspberry Pi	Oui, mais	Oui	N/A	Oui	Retenu, mais
Manuel	Oui	Oui	N/A	Oui	Retenu

TABLE 5.3 – Faisabilité des concepts pour l'acheminer des données brutes

5.2.4 Identifier les poissons et compiler les données

Cette composante a pour fonction de transformer et compiler les données brutes recueillies par les différents capteurs pour créer les vignettes. Elle devra donc être en mesure d'identifier les espèces de poissons à partir des données du capteur. De plus, elle se chargera de comptabiliser le nombre de poissons de chaque d'espèces et de produire des statistiques. Cette fonction traitera aussi si une alarme doit être générée. Il y aura une alarme lorsque le fonctionnement du système pourrait être compromis, c'est-à-dire si il y la température interne excède l'intervalle de résistance à la température des composantes du capteur, si l'identification est impossible sur plusieurs captures ou si il y a une brèche de sécurité.

L'automatisation de la prise de données sur les poissons étant au cœur du projet de conception, il est important de considérer l'ensemble des opportunités qui se présentent avec un budget de développement de 40 000\$. Le projet devant être profitable à long terme, la considération du coût et du temps de développement seront pris en compte, mais également la facilité de configuration pour le déploiement dans différents sites. Le facteur du 5 poissons

à détecter par site peut également jouer en ligne de compte sur la complexité de l'algorithme à développer, c'est pourquoi il sera pris en compte. Le logiciel doit être fiable, opérationnel en tout temps et ne comporter aucun bug. Une solution présentée pourrait demander du matériel pour une collecte de données au préalable avant le déploiement du système, c'est pourquoi ce critère sera abordé seulement dans cette section.

Aspects physiques :

- La collecte de donnée (si applicable) devra utiliser le moins de matériel possible et détecter les poissons avec justesse.

Aspects économiques :

- Les coûts de développement du système se doivent d'être minimisés le plus possible, sans dépasser la limite de 40 000\$.

Aspects temporels :

- Le temps de développement de la solution doit être minimisé.

Aspects socio-environnementaux :

- N/A.

5.2.4.1 Réseau de neurones convolutionnel avec la librairie Tensorflow :

Description : Pour l'analyse visuelle et la reconnaissance intelligente de types de poissons, l'apprentissage profond de type convolutionnel conviendrait bien aux besoins du client. Le principe d'une telle méthode d'apprentissage ressemble drôlement au processus d'apprentissage animal : on entre des milliers de photos en entrée et on évalue ensuite la sortie de l'ordinateur lorsque le logiciel exécute une reconnaissance. On répète les opérations jusqu'à temps que le logiciel aille un fort taux de précision. Il est difficile de mettre un nombre exact sur le temps de développement et le nombre de photos en entrées pour l'apprentissage du logiciel. Par contre, plus le temps de développement et le nombre de photos en entrée sont élevées, plus la précision de détection du logiciel augmentera. Pour mettre le tout simplement, le capteur sera composé d'un programme déclenchant la prise de photo suite à un entraînement, et la création de la vignette s'opérera au centre de contrôle placé à l'extérieur de l'eau. Le désavantage ici est évidemment la quantité de photos utilisées et le temps nécessaire pour le développement du programme, car une bonne précision demandera une durée et un nombre de photos importants. De plus, un changement de site impliquerait un réapprentissage partiel du programme, ce qui signifierait potentiellement une augmentation des coûts de développement à long terme.

Décision : Retenu.

Justification : L'utilisation de la technologie d'apprentissage machine répondrait parfaitement aux besoins du client et serait autonome dans sa prise de mesure. Le processus d'apprentissage s'avère long et demande un bon nombre de ressources en images, mais à long terme, le logiciel peut s'avérer plus profitable, plus exact et plus précis que la majorité des autres options présentées plus bas.

Références : [72]

5.2.4.2 Logiciel simple de création de masque et de détection de forme :

Description : Un algorithme moins coûteux que celui présenté plus haut consiste en un traitement d'image par création de masques. Le principe est la création de photos noirs et blancs selon la détection de formes, de contours et de changements de couleurs (« edge detection »). Il serait ensuite possible de superposer les masques des poissons capturés par la caméra avec ceux d'une librairie préinstallée sur le système et calculer l'intersection du nombre de pixels blancs correspondants. Il est à noter que l'ajout d'un flou gaussien devrait améliorer la détection des formes et des couleurs. Avec un taux de ressemblance allant dans les hauts pourcentages (90% à 100%), on dira que le poisson sera identifié avec justesse. La seule limitation de cette technique se présentera lors de la création de la librairie : la qualité de la reconnaissance dépendra grandement de la qualité des photos utilisées. On devra donc utiliser une grande base de données de poissons, telle que FishBase, ou bien capturer le poisson de chaque espèce à détecter et prendre des photos dans tous les angles pour s'assurer d'une bonne détection du logiciel.

Décision : Rejeté.

Justification : Cette option est avantageuse en raison du faible nombre de poissons à détecter, ce qui ne nécessiterait pas nécessairement un logiciel d'apprentissage profond. Par contre, on aura tendance à prioriser un logiciel plus efficace et fiable dans sa prise de mesure pour un projet de calibre professionnel. À long terme, on aura avantage à investir dans une détection de poisson plus fiable qu'une simple superposition de masques.

Références : [73]

5.2.4.3 Développement par un Tiers

Description : L'établissement d'un partenariat avec une compagnie établie en intelligence artificielle pourrait également être envisageable dans la conception du logiciel de détection de poissons. Toute compagnie établie dans le domaine de l'intelligence artificielle, telle que la compagnie Element AI à Montréal, et qui possède de l'expertise en vision numérique pourrait amener de son expertise au projet et développer un logiciel de reconnaissance d'espèces de poisson avec aisance. Le coût de développement d'un tel logiciel peut s'avérer coûteux. Puisqu'il est difficile de mettre un chiffre exact sur les tarifs d'une compagnie en particulier, on estimera, par sécurité, les coûts de développement à la limite permise, soient 40 000\$.

Décision : Retenu.

Justification : le développement d'un logiciel par une compagnie experte dans l'intelligence générerait nécessairement un logiciel de grande qualité. Le seul désavantage dans une telle solution serait le coût de production. D'un autre côté, on peut s'assurer d'une qualité de production supérieure, donc profitable à long terme.

Référence : [74]

5.2.4.4 FishVerify App

Description : Il existe aussi déjà des solutions logicielles portables sur le marché donnant des approximations sur l'espèce d'un poisson : il est ainsi possible de réduire les coûts de

production en amorçant le développement du logiciel à partir d’une application déjà fonctionnelle. Il serait possible tout en l’adaptant à notre situation. Un partenariat avec une compagnie telle que FishVerify, une application de détection de poisson pour la pêche, pourrait être un excellent point de départ dans la création d’un logiciel tel que demandé par le ministère. L’avantage de cette solution est la réduction des coûts, mais également la réduction de temps nécessaire pour développer le produit.

Décision : Retenu, mais.

Justification : On peut s’assurer d’un produit fonctionnel et efficace avec une telle optique de production. Puisqu’on amorce le projet avec un produit fonctionnel, on peut s’assurer d’un produit fonctionnel et adapté aux besoins du ministère en peu de temps. Il faut souligner que la contrainte du partenariat peut facilement rendre cette solution inconvenue.

Références : [75]

Concepts	Aspects de l’analyse				Décision
	Physiques	Économiques	Temporels	Socio-envir	
Réseau de neurones	Oui	Oui	Oui	Oui	Retenu
Logiciel par détection de masque	Oui	Oui	Oui	Oui	Retenu
Développement par un tiers	Oui	Oui, mais	Oui	Oui	Retenu
FishVerify app	Oui	Oui, mais	Oui	Oui	Retenu, mais

TABLE 5.4 – Faisabilité des concepts pour identifier les poissons et compiler les données

5.2.5 Stocker les données

La composante qui occupera cette fonction devra enregistrer toutes les données pertinentes pour la base de données, c’est-à-dire les vignettes et les commentaires, les statistiques, les paramètres de configuration, les alarmes qui ont été envoyées, les données de poissons de référence et les images originales prises par le capteur. Comme mentionné à la section 4.3.5, ces données totaliseront un minimum de 200Go.

Aspects physiques :

- Le système soit pouvoir stocker au moins 200 Go de données.

Aspects économiques :

- La solution doit être la moins coûteuse possible.

Aspects temporel :

- La conception de la solution doit respecter des délais raisonnables.

Aspects socio-environnementaux :

- Les données stockées doivent être le plus facilement accessibles aux utilisateurs.

5.2.5.1 Carte mémoire SD SanDisk 32 Go classe 10 :

Description : La carte mémoire SD SanDisk 32 Go classe 10 est une carte mémoire utilisée pour conserver les photographies en haute résolution sur les appareils photos compacts et de portée moyenne. Il a une capacité de stockage de 32 Go. Il peut stocker des vidéos en haute définition. La carte mémoire possède également une vitesse de transfert de 80 Mbps. Également, il est dit que cette carte est étanche et résistante aux chocs et aux rayons X. Le système possède également une étiquette inscriptible lors de prise de photos et de vidéos. Elle coûte 13.98 dollars sur Amazon.

Décision : Rejeté.

Justification : Cette carte est très intéressante pour ce projet car elle est étanche, donc, résistante à l'eau et aux chocs et il serait également possible de récupérer les données même en cas de bris de la machine. La carte SD est très intéressante aussi pour sa vitesse de transfert. En effet, elle pourrait transférer ses informations à une vitesse très rapide pour la transmission d'une photographie. Enfin, grâce à l'étiquette inscriptible, il sera plus facile de concevoir la vignette. Cependant, on ne peut pas utiliser la carte SD car elle ne possède pas une capacité suffisante.

Références : [33] [32]

5.2.5.2 Cloud de hubiC

Description : La plateforme Cloud de hubiC est un système informatique en nuage disponible sur la plateforme internet de Google. Un système d'informatique en nuage est un concept permettant d'enregistrer des données sur des ordinateurs localisés à distance grâce à une connexion en ligne et de pouvoir utiliser ces mêmes données à distance des ordinateurs. HubiC est une compagnie qui propose un service de stockage de données par nuage gratuitement jusqu'à 25 Go. Deux autres forfaits sont offerts : 15\$ par an pour 100 Go et 75\$ par an pour 10 To. Pour assurer le transfert de données vers les serveurs de hubiC une connexion Internet est nécessaire puis il sera possible de suivre l'évolution des données à partir d'une grande diversité d'appareils (tablette, ordinateurs, téléphones intelligents...).

Décision : Retenu.

Justification : Grâce à ce système nous pourrions facilement utiliser les données à partir d'un ordinateur. En effet, les données seront directement transmises par Internet, les photographies seraient transférées jusqu'à un ordinateur qui traitera alors les images. On choisit hubiC car il s'agit du système qui garantit gratuitement la plus grande capacité de données en nuage. En acheminant l'information jusqu'au serveur, on pourra alors traiter les informations très rapidement. Pour 75\$ par an, on pourrait parfaitement sauvegarder toutes les données pendant 2 ans et on pourrait y accéder avec n'importe quel ordinateur.

Références : [34] [35] [36]

5.2.5.3 Disque dur sur SSD Kingston Digital SSD A400 SATA 3

Description : Un disque dur sur SSD (Solid State Drive) est un type de disque dur utilisant une mémoire électronique (en opposition aux disque dur mécaniques). Les disques

durs représentent un intérêt pour plusieurs raisons : ils sont plus rapides, ils sont silencieux, ils consomment moins d'énergie et ils sont plus résistants aux chocs. Ainsi, cela permet de sauvegarder une quantité importante de données tout en étant très discret et autonome. Cependant, comme c'est un outil de sauvegarde de données fait à base d'électronique, on remarque une usure progressive du système. Le disque dur SSD Kingston Digital SSD A400 SATA 3 proposé par Kingston nous propose 240 Go de données disponible pour 40\$ sur Amazon.

Décision : Retenu.

Justification : Le disque dur SSD Kingston Digital SSD A400 SATA 3 est un outil pratique pour sauvegarder beaucoup de données. En effet, 240 Go représentent une quantité de données disponible amplement suffisante pour le stockage des données sur la durée établie par le client. Le prix entre également amplement dans les frais matériel établie par le client. Malgré tout, même si l'usure affecte normalement les disques durs, ici, un seul client présente un mécontentement sérieux et ne concerne pas la durée de vie du disque dur.

Références : [37] [38]

5.2.5.4 Disque dur sur HDD Western Digital SATA III

Description : Les disques durs HDD (Hard Disk Drive) sont des disques durs mécaniques servant à la sauvegarde des données. Ce sont des disques durs mécaniques où l'information est gravée sur des disques tournant à une grande vitesse. Ainsi, on peut accéder aux données gravées même après la fermeture de l'ordinateur qui traite les données. On remarque que les HDD sont moins coûteux que les SSD dans le ratio : données par dollars. Cependant, les HDD sont plus lents que les SSD. Celui proposé par Western Digital permet de stocker 1 To de données pour 54.99\$ sur Amazon. Il a une capacité de 200 000 photographies numériques et il a une garantie de deux ans.

Décision : Retenu.

Justification : Ce disque dur a une capacité capable de stocker les informations que nous sauvegarderons sur la durée des deux ans. En effet, il peut sauvegarder jusqu'à 1 To. Également, même si elle est moins résistante, en théorie, que le disque dur SSD, il y a une garantie égale à la durée d'utilisation, voulue par le client, de la machine.

Références : [39] [40]

Concepts	Aspects de l'analyse				Décision
	Physiques	Économiques	Temporels	Socio-envir	
Carte SD	Non	Oui	Oui	Oui	Rejeté
Cloud	Oui	Oui	Oui	Oui	Retenu
Disque dur SSD	Oui	Oui	Oui	Oui	Retenu
Disque Dur HDD	Oui	Oui	Oui	Oui	Retenu

TABLE 5.5 – Faisabilité des concepts pour le stockage de données

5.2.6 Afficher les données

Cette composante devra afficher les données d'une manière efficace et conviviale pour les employés du MFA. Cette interface assurera la communication avec l'utilisateur pour visualiser les données et configurer les différents paramètres de la caméra comme le focus, l'ISO et le shutter speed. C'est aussi cette fonction qui se chargera de communiquer avec l'utilisateur en cas d'alarme.

Aspects physiques :

- N/A

Aspects économiques :

- La solution doit satisfaire un excellent rapport qualité/prix.

Aspects temporel :

- La conception de la solution doit respecter les délais alloués.

Aspects socio-environnementaux :

- La solution doit présenter les données de manière efficace et conviviale.

5.2.6.1 Application web avec Ajax

Description : Ajax est une série de techniques de développement web qui utilise une combinaison de langage tel que JavaScript, XML, HTML pour créer des applications web. La page web performe automatiquement un appel JavaScript à l'engin Ajax, ce qui correspond à une requête XMLHttpRequest. Puis, une requête HTTP est envoyé au serveur afin de retrouver la donnée appropriée. Cette donnée est ensuite retourner à Ajax sous forme HTML, XML ou Javascript pour être livrée à la page web. La compagnie Csoft Technology offre leur service de développement web avec la solution Ajax. L'équipe de développeur de Csoft Technology s'occupe de l'implantation de l'application web. Pour communiquer l'alarme avec l'utilisateur, la plateforme Pushover est utilisée. Elle permet d'envoyer des notifications sur des appareils mobiles et s'intègre bien sur une application web. Le prix relié à cette collaboration dépend de la complexité du site web et du temps de conception.

Décision : Retenu.

Justification : L'avantage d'Ajax est qu'il crée des applications web dites asynchrones. Ainsi, les applications web peuvent envoyer et retourner des données d'un serveur sans affecter l'affichage de la page web courante. Les requêtes au serveur se font sans attendre la demande de l'utilisateur, ce qui optimise la performance de l'interface. De cette manière, il serait possible de voir en temps réels les données des population de poissons.

Références : [11] [12] [13] [76]

5.2.6.2 Application web et mobile avec PrimeFaces

Description : L'affichage des données serait effectué en langage Java accompagné de bibliothèques de PrimeFaces pour faciliter la création de l'application web et mobile. PrimeFaces

offre plusieurs modèles d'application web à l'aide de serveur Java. Ces modèles comprennent également l'interaction avec plusieurs autres appareils, comme les tablettes et les téléphones intelligents. PrimeFaces permet ainsi la création d'application web et mobile. Par exemple, le modèle Roma propose plus de 1000 variations de dispositions afin de produire le design désiré. Il comprend le support SaSS avec la syntaxe scss pour présenter des documents HTML et XML. Les licences de base sont appropriées pour les besoins du client. Les prix des licences varient entre 50\$ et 105\$ dépendamment du modèle choisis. L'implantation d'une telle application nécessite un développeur web ayant des connaissances en Java. Pour communiquer l'alarme avec l'utilisateur, l'API de Google Chrome Alarms est utilisée. Elle permet d'envoyer des notifications l'application web et est optimisée pour une telle application. Il est impossible de déterminer le prix de l'implantation d'un tel logiciel, puisqu'il est impossible de calculer le temps de conception. Cependant, on assume que plus le temps de conception (et le prix) est élevé, plus l'application web sera de qualité. Le salaire moyen d'un développeur web au Canada est de 33\$ par heure.

Décision : Retenu, mais.

Justification : PrimeFaces comprends une variété de modèles d'application web de haute qualité. Plusieurs thèmes et personnalisations sont disponibles. De plus, certains des modèles de pages d'erreurs et de connexion pour créer l'interface web. L'utilisation de PrimeFaces est efficace et robuste. Elle promet également une expérience facile d'utilisation.

Références : [16] [15] [14] [18] [77]

5.2.6.3 Application web avec Comentum

Description : Cette solution propose d'utiliser les services de la compagnie de développement Comentum. Comentum est spécialisé dans la création d'application web. Elle utilise des modules, des libraires et des outils afin de produire une application rapide et efficace. La compagnie a créé son propre modèle (Framework) et promet une architecture avancée et performante. Comentum travaille auprès du client afin de choisir le modèle, les libraires, les outils et le langage le plus approprié pour le projet. Pour communiquer l'alarme avec l'utilisateur, la plateforme Tizen pour applications web serait demandée. Les coûts reliés au service de Comentum dépendent du projet.

Décision : Retenu.

Justification : Comentum comporte de nombreux avantages. La compagnie comprend une équipe de développeur ayant plus de 21 ans d'expérience. Ils promettent une application structurée, dont le code respecte les normes. Ils utilisent également les dernières technologies pour assurer une utilisation facile et performante par le client. Le langage et les librairies sont spécifiques aux besoins du client. De plus, Comentum utilise des procédures de sécurité afin de protéger les données du client.

Références : [17] [78]

5.2.6.4 Application mobile avec CodeCreators

Description : Afin d’afficher les données récoltées par le capteur, il est possible d’utiliser une application web. Les applications mobiles sont destinées à s’exécuter sur des téléphones ou des tablettes intelligentes. Les deux principales applications mobiles sont les natives et les hybrides. Les applications natives sont des applications destinées à une plateforme spécifique, tel que iOS ou Android, alors que les applications hybrides sont disponible sur toute les plateformes. CodeCreators est une compagnie qui offre ses services au développement d’application mobiles natives et hybrides. Les frais de leur service dépendent de l’ampleur du projet.

Décision : Retenu.

Justification : Les applications mobiles sont idéales pour maximiser l’accès à l’information. Les données sur les poissons serait ainsi disponible partout à l’aide d’un téléphone. Les services de CodeCreators permettent la création d’applications qui respectent les besoins du client tout en offrant une utilisation simple et des fonctionnalités intéressantes. Codecreators a remporté plusieurs prix pour leurs accomplissements auprès de nombreuses compagnies. Leur prix sont compétitifs et support technique 24/7 est disponible.

Références : [19] [20]

Concepts	Aspects de l’analyse				Décision
	Physiques	Économiques	Temporels	Socio-envir	
Application web - Ajax	N/A	Oui	Oui	Oui	Retenu
App web et mobile - Primefaces	N/A	Oui, mais	Oui	Oui	Retenu, mais
Application web - Comentum	N/A	Oui	Oui	Oui	Retenu
App mobile - CodeCreators	N/A	Oui	Oui	Oui	Retenu

TABLE 5.6 – Faisabilité des concepts pour la fonction afficher les données

5.2.7 Assurer un accès sécurisé

Cette fonction est présente dans le but de garder les données confidentielles et de limiter le contrôle du capteur seulement aux utilisateurs autorisés.

Aspects physiques :

- Doit assurer la sécurité du système et protéger la base de données en tout temps.

Aspects économiques :

- Les couches de sécurités proposées doivent être les moins dispendieuses possible.

Aspects temporels :

- Le temps de développement du système de sécurité doit être minimisé.

Aspects socio-environnementaux :

- N/A

5.2.7.1 Protocoles d'encryption des données

Description : Un des moyens les plus conviviaux pour la protection des données est l'utilisation de protocoles d'encryptage des vignettes. Les algorithmes de cryptages qui sont dits symétriques, tels que AES ou Twofish, permettent un accès aux données seulement si l'utilisateur possède une copie de la clé originale. Là est la seule faiblesse de ce type d'encryptage : il est impératif d'avoir un endroit sécuritaire où placer et transférer la clé, car le meilleur protocole de cryptage de données ne vaut rien si la clé se retrouve dans les mauvaises mains. D'un autre côté, l'encryptage asymétrique donne l'accès à une clé utilisable pour tous, dite publique, et d'une clé privée lors de l'authentification. Dans le meilleur des mondes, on utilisera ce qu'on appelle l'encryptage hybride, qui consiste en l'encryptage de la clé d'accès à la base de données de manière asymétrique, et l'encryptage des données de manière symétrique. De cette manière, dans le cas peu probable d'une brèche de sécurité, une couche supplémentaire de sécurité est disponible pour la protection des données.

Décision : Retenu.

Justification : Ce mécanisme de sécurité est simple, sécuritaire, peu coûteux et utilisé par les grandes compagnies. Il serait injustifiable de s'en passer pour la protection d'une base de données.

Références : [67]

5.2.7.2 Virtual private network

Description : L'utilisation d'un VPN peut s'avérer très utile lors de la connexion à la base de données. Le but de cette couche de sécurité est de préserver l'anonymat lors d'un accès internet. Il implique simplement la simulation d'une connexion privée alors que l'envoi et la réception de données s'effectue par l'entremise d'un réseau public. Dans notre cas, cette couche de sécurité permettrait de garder un niveau d'intimité additionnel à la connexion sur le serveur et pourrait éviter à un utilisateur d'être tracé après sa connexion. Parmi les meilleurs services de réseaux virtuels privés, on retrouve de nombreux protocoles de sécurité tels que IPsec, TLS et SSH VPN qui permettent la création d'un tunnel d'encryptage lors du transfert de données. De nombreux services de VPN sont offerts par des tiers généralement pour des prix sous le 10\$/mois, tels que NordVPN, Windscribe et CyberGhost pour en nommer quelques-uns.

Décision : Retenu.

Justification : Garder son anonymat dans ses connexions au serveur peut éviter toutes sortes de brèches de sécurité qui pourraient compromettre les données. Le retour sur investissement est grandement justifié ici.

Références : [68] [69]

5.2.7.3 Accès internet sécurisé lors de l'accès à distance de la base de données

Description : Lors de l'accès à la base de données, il est important d'éviter toute connexion internet à faible niveau de sécurité. Avec les avancements en sécurité des dernières années, certains protocoles de transfert de données Wi-Fi tels WEP et WPA sont devenus

beaucoup moins sécuritaires en raison des nouveaux logiciels d'algorithmes d'attaques de mot de passe (attaque par dictionnaire et par accès forcé). Il devient donc facile pour un pirate informatique d'avoir accès aux privilèges d'administrateurs sur l'ordinateur de l'utilisateur, et ce, sans même que ce dernier en ait la moindre idée.

Décision : Retenu.

Justification : Il est impératif d'avoir une connexion sécurisée au serveur à tous les niveaux. S'il n'est pas sécuritaire de consulter les données du serveur, le produit ne conviendra pas aux besoins du client.

Références : [70]

5.2.7.4 Partenariat avec un tiers spécialisé en sécurité - formation des opérateurs en sécurité

Description : Dans l'établissement d'un système de sécurité informatique, le maillon faible restera toujours la personne derrière le clavier. C'est pourquoi la formation des employés peut être une solution efficace pour préserver l'intégrité des données lors de l'accès à la base de données. De simples connaissances en informatique tels que la création d'un mot de passe sécuritaire, savoir détecter les anomalies de sécurité sur son ordinateur et savoir éliminer les programmes vulnérables à des attaques devrait grandement améliorer la sécurité générale du système. Il sera estimé qu'en une conférence de deux à trois heures suivie d'une heure additionnelle de formation continue à chaque année, l'opérateur aura acquis les connaissances nécessaires pour avoir accès au capteur et à la base de données pour une quelconque maintenance. On estime qu'un spécialiste en sécurité informatique pourrait coûter aux alentours de 100\$/heure et que tous les employés assistent à la conférence au même moment.

Décision : Retenu.

Justification : Toute couche de sécurité ne vaudra rien si l'opérateur ne sait pas comment sécuriser ses appareils d'accès au serveur et ne saura pas comment les conserver à l'abri des attaques informatiques. Pour assurer la complète sécurité de la base de données, quelques centaines de dollars additionnels ne sont pas gaspillés.

Références : [71] [71]

Concepts	Aspects de l'analyse				Décision
	Physiques	Économiques	Temporels	Socio-envir	
Protocole d'encryptage des données	Oui	Oui	Oui	N/A	Retenu
Connexion virtuelle privée (VPN)	Oui	Oui	Oui	N/A	Retenu
Accès internet sécurisé	Oui	Oui	Oui	N/A	Retenu
Formation des opérateurs	Oui	Oui	Oui	N/A	Retenu

TABLE 5.7 – Faisabilité des concepts pour assurer un accès sécurisé

5.2.8 Mesurer la température externe

Tel que voulu par le client, notre capteur doit être capable de mesurer la température de l'eau, c'est-à-dire la température de l'environnement à l'extérieur du capteur. Il est importé de mesurer cette température car le ministère a précisé que le capteur devait fonctionner dans des températures de l'eau allant de -4 °C jusqu'à 25 °C. Ainsi, on doit être capable de transférer l'information de la température de l'eau dans la vignette. La température influe sur le milieu de vie des poissons et il est important de savoir si la température n'atteint pas un point critique, un point à partir duquel le capteur pourrait rencontrer un dysfonctionnement.

Aspects physiques :

- La solution doit mesurer la température externe du système.

Aspects économiques :

- La solution doit être la moins dispendieuse possible.

Aspects temporels :

- Le temps de développement de la solution doit être minimisé.

Aspects socio-environnementaux :

- La solution doit assurer une mesure passive.

5.2.8.1 Thermomètre de cuisson intelligent d'Accu-Temp :

Description : Le Thermomètre de cuisson intelligent d'Accu-Temp est un thermomètre d'abord conçu pour la cuisson dans un four par la compagnie Accu-temp, une entreprise spécialisée dans l'équipement commercial de cuisine. De ce fait, ce thermomètre est conçu pour résister à des températures extrêmes. Ainsi, il est admis qu'il peut résister à des températures allant de -25 à 300 degrés Celsius. Également, le but de ce thermomètre est de prévenir l'utilisateur lorsque le temps de cuisson est élevé et il est possible d'y voir la température. Pour mieux utiliser ce thermomètre de cuisson, il est compatible avec une application disponible gratuitement permettant de voir le temps de cuisson ainsi que la température et le moment. Le prix le moins cher est celui de 49,99 dollars canadiens (avant taxes).

Décision : Retenu, mais.

Justification : Le thermomètre reste fonctionnel dans l'écart de température établie par le client. Théoriquement, ce thermomètre intelligent serait capable de transmettre ses informations jusqu'à une distance de 30 mètres par Bluetooth. Cependant, en se fiant sur les différents commentaires sur le site de Canadian Tire, on voit que certains des consommateurs qui se sont procuré le thermomètre affichent leur mécontentement. Un des points soulevés est son inaptitude réelle à transmettre l'information par Bluetooth. En effet, d'après un consommateur, le thermomètre ne peut en réalité ne fonctionner qu'à une portée maximale de 5 mètres en pratique et on doit le considérer.

Exemple : on a déjà présenté ce concept au point 5.2.8.1 et les mêmes critères s'appliquent.

Références : [22] [23] [24]

5.2.8.2 Thermistance NTCLE100E3103JT2 placée à l'extérieur reliée à un Arduino Uno :

Description : Une thermistance est un outil résistif au courant qui varie en fonction de la température environnante. La NTCLE100E3103JT2 est une de ces thermistances de la gamme NTCLE100E3 possédant une zone d'efficacité allant de -40 à 125 °C et atteignant une valeur de 10 000 ohms à 25 °C. On peut se procurer cette thermistance pour 1.21 dollars sur Digikey. Un Arduino Uno est un microcontrôleur conçu par Arduino pouvant être utilisé comme ampèremètre et pouvant transmettre ses informations via un câble USB. De ce fait, grâce à la loi d'Ohm, on sait que $U=R*I$ et on peut grâce au microcontrôleur programmer une fonction capable de transformer la valeur du courant en valeur de la température puis de transmettre ces informations à une commande centrale via le câble USB. Ce microcontrôleur coûte 20.69 dollars sur amazon.

Décision : Retenu.

Justification : Ce circuit n'est composé que de deux éléments. En mesurant le courant grâce à l'Arduino, on tire l'expression mathématique liée à la résistance en fonction de la température de la thermistance. Étant donné que l'Arduino peut fournir une source de tension continue, il est très simple d'exprimer la température en fonction du courant. Ces transformations seront effectuées à l'aide d'un code dans l'Arduino (l'Arduino pouvant déjà être utilisé comme voltmètre, on n'a plus qu'à établir des équations mathématiques simples). Enfin, ces données pourront être transmises grâce à l'Arduino et de son câble USB. Pour éviter les problèmes, il faudrait qu'uniquement la thermistance touche à l'eau.

Références : [25] [26] [27]

5.2.8.3 Thermomètre intelligent Thermo de Withings :

Description : Le thermomètre intelligent Thermo de Withings est un thermomètre médical utilisé pour mesurer par le toucher les parois d'un être humain. Il s'agit d'un thermomètre intelligent capable, grâce à une application mobile, d'informer l'utilisateur de la température actuelle et mesurer à chaque fois. Il prévient des moments opportuns pour prendre certains médicaments spécifiques pour soigner. Il est précis à 0.2 °C près. Il nécessite une connexion Wi-Fi. Il peut également conserver les données de plusieurs cibles simultanément. Il atteint un coût de 99,95 dollars américains.

Décision : Rejeté.

Justification : Ce thermomètre est conçu pour mesurer des parois humaines. Donc, il doit être capable de mesurer des températures situées autour de 37 °C. De ce fait, comme aucunes mesures de températures extrêmes ne sont marquées, on ne peut pas affirmer qu'il sera capable de mesurer des températures allant de -4 à 25 °C. De plus, ce concept est beaucoup plus coûteux que les autres proposés précédemment. Pour cette raison, nous ne pouvons pas nous permettre de présenter ce concept au client.

Références : [28]

5.2.8.4 Diode 1n4148 avec un Arduino Uno :

Description : La diode 1n4148 est un semi-conducteur fait à partir de silicone. LE but premier d'une diode est d'assurer le passage du courant lorsque la différence de potentielle dépasse la tension de seuil et que le courant circule dans le même sens que ce semi-conducteur. Une des caractéristiques de la diode 1n4148 est le fait que la tension entre l'anode et la cathode diminue lorsque la température augmente. On observe alors un ratio de 2,2 millivolts par °C. À partir de cette information, on peut établir un rapport pour la mesure de la température ambiante autour de la diode. Cela est rendu possible grâce à un microcontrôleur de type Arduino Uno, présenté précédemment. Il faut payer 0.018 dollars pour un paquet de 10 sur alliedelec.com. La diode reste efficace entre -30 et 120 °C.

Décision : Retenu.

Justification : Tel que vu avec la thermistance, on peut utiliser un Arduino Uno avec une programmation simple et un circuit simple afin de parvenir à mesurer la température ambiante. De surcroît, le circuit reste fonctionnel dans l'écart de température établi par le client. Il faut toutefois considérer le fait que seulement la diode doit toucher l'eau.

Références : [29] [30] [31]

Concepts	Aspects de l'analyse				Décision
	Physiques	Économiques	Temporels	Socio-envir	
Thermomètre d'Accu-Temp	Oui, mais	Oui	Oui, mais	Oui	Retenu, mais
Thermistance	Oui	Oui	Oui	Oui	Retenu
Thermo de Withings	Non	Oui mais	Oui	Oui	Rejeté
Diode 1n4148 avec un Arduino Uno	Oui	Oui	Oui	Oui	Retenu

TABLE 5.8 – Faisabilité des concepts pour mesurer la température externe

5.2.9 Mesurer la température interne

Le capteur est essentiellement construit de composantes électroniques. Ainsi, à des températures extrêmes, il pourrait rencontrer des dysfonctionnements si jamais le capteur atteignait des températures capables de s'attaquer aux composantes électroniques. De ce fait, le client a exigé que le capteur ait une température intérieure entre -10°C et 5°C au delà de la température de l'eau. Ainsi, à des cas extrêmes, le capteur doit posséder une température entre -14°C et 30°C.

Aspects physiques :

- La solution doit mesurer la température interne du système.

Aspects économiques :

- La solution doit être la moins dispendieuse possible.

Aspects temporels :

- Le temps de développement de la solution doit être minimisé.

Aspects socio-environnementaux :

- La solution doit assurer une mesure passive.

5.2.9.1 HP2W Hyperfire 2 Professionnal White Flash Camera

Description : Cet élément a déjà été présenté au point 5.2.1.2

Décision : Retenu.

Justification : Certes, l'outil est dispendieux et prend de l'espace. Cependant, considérant qu'il peut être utilisé comme capteur pour les photographies, on pourrait économiser, car tout en prenant les photographies, on pourrait avoir la température intérieure du capteur. Ainsi, on le retient car malgré son coût et son volume, il peut remplir plusieurs tâches simultanément.

Références : 5.2.1.2

5.2.9.2 Thermomètre au mercure H-B instrument 2/1110 Durac

Description : Un thermomètre au mercure est un outil de mesure de la température. Lorsque la température monte, le mercure prend l'expansion jusqu'à indiquer la température mesurée. Celui-ci coûte 24,96 \$ sur Amazon. Il a une incertitude de 2°C et peut mesurer des températures allant de -20 °C jusqu'à 110°C.

Décision : Rejeté.

Justification : Certes, ce thermomètre a la capacité de mesurer la température estimée du capteur. Cependant, cet outil n'étant aucunement relié à un outil numérique, il faudrait trouver un moyen de transmettre l'information détenue par le thermomètre jusqu'à la vignette. Ainsi, il faudrait surveiller constamment la température inscrite par le thermomètre afin de savoir la température du capteur, une opération qui peut s'avérer très complexes. Ainsi, on ne choisira pas cette option afin de mesurer la température interne du capteur.

Références : [41]

5.2.9.3 Diode 1n4148 avec un Arduino Uno :

Description : Ce concept a déjà été présenté au point 5.2.8.4

Décision : Retenu.

Justification : Tel qu'expliqué précédemment, on pourra facilement mesurer la température dans l'écart de température voulu et transmettre les informations facilement pour un prix réduit. Ainsi cette option sera considérée.

Référence : 5.2.8.4

5.2.9.4 Thermistance NTCLE100E3103JT2 placée à l'extérieur reliée à un Arduino Uno :

Description : Le concept a déjà été présenté au point 5.2.8.2

Décision : Retenu.

Justification : Comme on l'a vu auparavant, on pourrait facilement mesurer la température interne du capteur avec ce système et transférer les informations pour la vignette. L'écart de température toléré couvre celui désiré par le client. Cette option est donc gardée.

Références : 5.2.8.2

Concepts	Aspects de l'analyse				Décision
	Physiques	Économiques	Temporels	Socio-envir	
Camera Hyperfire	Oui	Oui	Oui	Oui	Retenu
Thermomètre au mercure	Non	Oui	Oui	Oui	Rejeté
Thermistance	Oui	Oui	Oui	Oui	Retenu
Diode 1n4148 avec un Arduino Uno	Oui	Oui	Oui	Oui	Retenu

TABLE 5.9 – Faisabilité des concepts pour mesurer la température interne

5.2.10 Mesurer la date et l'heure

Le MFA demande que la date et l'heure de chaque mesure soit inscrite sur les vignettes. Il faut donc prévoir un dispositif qui se chargera de mesurer ces informations. Elles seront par la suite acheminées au poste de contrôle.

Aspects physiques :

- La composante doit mesurer la date et l'heure.

Aspects économiques :

- La composante doit minimiser les coûts.

Aspects temporels :

- N/A.

Aspects socio-environnementaux :

- La mesure de la date et l'heure ne doit pas polluer l'environnement aquatique.

5.2.10.1 Implantation logicielle par une librairie

Description : Dans plusieurs langages de programmation, il existe des fonctions dans la librairie standard qui permettent de donner l'heure. Dans la compilation des données, il pourrait y avoir une fonction qui donne la date et l'heure actuelle au moment de l'identification. Une telle fonction est très simple à faire et coûterait peut-être 5\$ en main d'oeuvre.

Décision : Retenu, mais.

Justification : Dans le cas d'un opérateur qui transfère manuellement les données brutes, l'analyse se ferait au pire 14 jours après la prise de photos. Il y aurait donc une incertitude de 14 jours sur la date à laquelle la photo serait prise. Si le transfert de données se fait en temps réel, cette méthode serait la plus simple. La prise de décision dépend donc de la précision désirée sur la date et l'heure. Cette technique est très peu coûteuse et n'interfère pas avec l'environnement. Seul l'aspect physique pourrait être problématique.

Références : [60]

5.2.10.2 Compteur électronique relié à un Raspberry Pi ou un Arduino

Description : Comme mentionné précédemment, certaines solutions comprennent l'utilisation d'un Arduino ou d'un Raspberry Pi. Il serait possible de mesurer l'heure avec le

module électronique Mini RTC qui est compatible avec les deux micro-ordinateurs. Son coût est de 8.82\$.

Décision : Retenu, mais.

Justification : Le Mini RTC adapté profiterait du Raspberry Pi ou du Arduino déjà implanté dans le système pour mesurer l'heure en temps réel. Par contre, l'ajout d'un micro-ordinateur dans le système nécessite une alimentation alors il faut s'assurer que le système reste autonome durant 14 jours. Le coût est plus qu'abordable et le dispositif n'interfère pas avec l'environnement.

Références : [61]

5.2.10.3 Utilisation du capteur

Description : La caméra HP2W peut mesurer plusieurs informations nécessaires à la création des vignettes comme la date, l'heure et la température. Il serait intéressant de tirer avantage de ces caractéristiques puisque le coût associé à cette fonction deviendrait alors nul.

Décision : Retenu.

Justification : La date et l'heure sont mesurées à l'instant auquel la photo est prise. L'aspect physique est donc rempli. Les coûts sont minimisés puisque le capteur est déjà implanté dans le système. De plus, la mesure n'interfère pas avec l'environnement.

Références : [5]

5.2.10.4 Implantation logicielle par les méta-données des fichiers

Description : Si un opérateur vient récolter les données à tous les 14 jours, les photos seront enregistrées dans une carte SD. En écrivant le fichier, la date et l'heure à laquelle la photo a été prise devraient être enregistrées dans les méta-données des fichiers. Le logiciel pourrait avoir une fonction qui irait chercher cette mesure de la date et l'heure pour l'inscrire dans les vignettes. Le coût en main d'oeuvre est estimé à 30\$ pour l'implantation d'une telle fonction dans le logiciel.

Décision : Retenu.

Justification : La mesure de la date et l'heure devient indépendante de la récolte des données par l'opérateur tout en gardant la mesure purement numérique. Cela fait en sorte que les coûts en matériel sont nuls et puisqu'il s'agit d'une fonction simple, les coûts de main d'oeuvre le sont aussi. Puisque la mesure est numérique, elle n'interfère pas avec l'environnement. Les trois critères sont donc remplis.

Concepts	Aspects de l'analyse				Décision
	Physiques	Économiques	Temporels	Socio-envir	
Implantation logicielle par librairie	Oui, mais	Oui	N/A	Oui	Retenu, mais
Compteur électronique	Oui, mais	Oui	N/A	Oui	Retenu, mais
Utilisation du capteur	Oui	Oui	N/A	Oui	Retenu
Implantation logicielle par méta-données	Oui	Oui	N/A	Oui	Retenu

TABLE 5.10 – Faisabilité des concepts pour mesurer la date et l'heure

5.2.11 Réguler la température à l'intérieur du capteur

Lors de la collecte d'information, plusieurs systèmes seront en activité et cela va nécessairement dégager de l'énergie. Cette énergie sera alors convertie en chaleur. Cette chaleur va alors s'accumuler dans le capteur ce qui va augmenter la température. Pour éviter une trop grande augmentation de la température, ce qui pourrait endommager certains éléments, on cherchera alors à refroidir le système pour qu'il reste à un écart de température -10°C et 5°C au delà de la température de l'eau.

Aspects physiques :

- La solution doit réguler la température du système entre $+5^{\circ}\text{C}$ et -10°C par rapport à la température de l'eau.

Aspects économiques :

- La solution doit être la moins dispendieuse possible.

Aspects temporels :

- Le temps de développement de la solution doit être minimisé.

Aspects socio-environnementaux :

- La solution doit assurer une régulation la plus discrète possible.

5.2.11.1 Système de refroidissement à eau EK-KIT S120

Description : Un système de refroidissement à eau est un système de refroidissement consistant à verser une eau plus froide que le système qu'elle est sensée rafraîchir autour de ce même système. Ainsi, en circulant autour du système, on constate un refroidissement global. Ici, nous proposons un système de refroidissement à eau tel que ceux présents dans les ordinateurs. Le EK-KIT S120 coûte 219.99\$ sur le site EKWB.

Décision : Retenu.

Justification : Notre capteur sera inondé. Ainsi, il sera très facile d'alimenter le refroidisseur à eau. Ce capteur étant à la base conçu pour le refroidissement des ordinateurs, on peut affirmer que c'est un système approprié car notre système aura une taille comparable aux ordinateurs destinés à être refroidis par ce système et devra refroidir, comme dans un ordinateur, des éléments électroniques. Ainsi, comme tous les critères sont respectés, on peut utiliser ce système.

Références : [45] [46]

5.2.11.2 Radiateur de moteur de voiture ABAKUS

Description : Dans les voitures, pour empêcher les surchauffes du moteur, on utilise des radiateurs qui assurent un transfert de la chaleur par la circulation de l'air dans le système et ainsi, empêcher le moteur d'atteindre des températures critiques. Ainsi, ici nous proposons un radiateur de moteur ABAKUS disponible pour 68,38 euros sur le site piecesauto24.

Décision : Rejeté.

Justification : Cette solution ne peut être retenue pour des considérations techniques. En effet, notre capteur étant submergé, ne sera pas en contact avec l'air lors de son fonctionnement. En effet, le système doit être submergé à une profondeur significative et l'échange avec l'air par les ventilateurs sera soit impossible, ou alors, en ajoutant un système d'échange d'air, exagérément grand et non-compatible aux consignes. De ce fait, on ne peut pas choisir ce système.

Références : [48] [49]

5.2.11.3 Pâte thermique NT-H1 et radiateur HS00012K

Description : Les pâtes thermiques sont des graisses qui facilitent le transfert de chaleur sur une interface. La pâte NT-H1 est une pâte thermique pouvant opérer dans des températures allant de -50°C à 110°C pour 15,20 euros sur cdiscount par tube de 1,4 mL. Cette pâte doit être associée avec un radiateur électronique pour faciliter la dissipation de la chaleur. On utilisera le radiateur HS00012K disponible pour 10.00\$ l'unité sur Solid-Run et a une masse de 100g par unité.

Décision : Retenu.

Justification : Avec cette pâte, nous pourrions facilement limiter la résistance thermique de la cage du capteur. Ainsi, lorsque la température interne du capteur augmentera, la température de l'eau pourra facilement réduire celle de l'intérieur du capteur sans que l'intérieur du capteur soit inondé car ces radiateurs concentrent la chaleur et la pâte pourra faciliter les transferts de chaleurs. Avec 5 de ces radiateurs, on pourrait refroidir suffisamment le capteur.

Références : [50] [51] [62] [63]

5.2.11.4 Module Peltier Tec1-12706

Description : Un module Peltier est une plaque qui, lorsque elle est alimentée par un courant, refroidi ou réchauffe sa surface. Ici, le module Tec1-12706, a une capacité de refroidissement allant jusqu'à -30°C et a une consommation maximum de 60W pour un cout de 6,77 \$ sur banggood.com.

Décision : Retenu.

Justification : Étant donné que le système est déjà alimenté en électricité, nous pourrions dédier une partie de cette alimentation à celle des modules Peltier. En alimentant correctement le module Peltier, nous pourrions empêcher une surchauffe du système.

Références : [52] [53]

Concepts	Aspects de l'analyse				Décision
	Physiques	Économiques	Temporels	Socio-envir	
Refroidissement à eau	Oui	Oui	Oui	Oui	Retenu
Radiateur automobile	Non	Oui	Oui	Oui	Rejeté
Pâte thermique et Radiateur	Oui	Oui	Oui	Oui	Retenu
Module Peltier	Oui	Oui	Oui	Oui	Retenu

TABLE 5.11 – Faisabilité des concepts pour réguler la température

Bibliographie

- [1] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, *Projet de parc national du Lac Walker*, 2018. Référence accessible sur le site du MFFP : <https://mffp.gouv.qc.ca/les-parcs/reseau-parcs-nationaux/projet-de-parc-national-du-lac-walker/>.
- [2] Pêches et Océans Canada, *Esturgeon jaune (populations des Grands Lacs et du haut Saint-Laurent)*, 2018-09-06. Référence accessible sur le site du MPO : <https://mffp.gouv.qc.ca/les-parcs/reseau-parcs-nationaux/projet-de-parc-national-du-lac-walker/>.
- [3] GoPro, *GoPro Hero7 Black Edition Tech Specs*, 2019. Référence accessible sur le site de GoPro : <https://shop.gopro.com/International/hero7-black/tech-specs?pid=CHDX-701-master>
- [4] GoPro, *Are GoPro Cameras Waterproof Without a Housing ?*, 2019. Référence accessible sur le site de GoPro : https://gopro.com/help/articles/question_answer/are-gopro-cameras-waterproof-without-a-housing
- [5] Reconyx, *HP2W HYPERFIRE 2 PROFESSIONAL WHITE FLASH CAMERA*, 2015. Référence accessible sur le site de Reconyx : <http://www.reconyx.com/product/hyperfire-2-Professional-white-flash-camera>
- [6] GoFishCam, *The Camera*, 2018. Référence accessible sur le site de GoFishCam : <https://gofishcam.com/>
- [7] ELP, *FULL HD 5MP AUTOFOCUS USB CAMERA MODULE USB2.0 OV5640 COLOR CMOS SENSOR 60DEGREE LENS*, 2019. Référence accessible sur le site de ELP : <http://www.elpcctv.com/full-hd-5mp-autofocus-usb-camera-module-usb20-ov5640-color-cmos-sensor-60degree-lens-p-217.html>
- [8] Alibaba, *ELP Cmos ov5640 Mjpeg 5megapixel YUYvc android linux windows free driver micro mini usb camera cmos chip ELP-USB500W02M-L36*, 2019. Référence accessible sur le site d'alibaba : https://www.alibaba.com/product-detail/ELP-Cmos-ov5640-Mjpeg-5megapixel-YUYvc_60119420904.html?spm=a2700.7724857.normalList.12.67586accCecTZ0
- [9] ASM Aerospace Specification Data, *Aluminium*. Référence accessible sur le site ASM : <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MA2014T6&fbclid=IwAR3Zc5Insdhj5uAf3x42XuvAWj6jC0X41uX9PkSsgZ-E6stMBCea0sc0Xs>

- [10] Information sheet "Glass and Acrylic glass", 2017. Référence accessible à l'adresse suivante : https://www.chillventa.de/cmsfile/111/41/dd0f9e4d-4248-4ca4-80ac-875e5e195c6f--data/i4.8_2017_GB.pdf
- [11] Wikipédia, *Ajax (programming)*, 2019. Référence accessible sur le site de Wikipédia : [https://en.wikipedia.org/wiki/Ajax_\(programming\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Ajax_(programming))
- [12] Keycdn, *What is Ajax Programming - Explained*, 2018. Référence accessible sur le site de Keycdn : <https://www.keycdn.com/support/ajax-programming>
- [13] Csoft Technology, *Ajax Development*, 2019. Référence accessible sur le site de Csoft Technology : <http://www.csofttech.com/ajax-development.html>
- [14] Oracle, *PrimeFaces in the Enterprise*, 2014. Référence accessible sur le site de Oracle : <https://www.oracle.com/technetwork/articles/java/java-primefaces-2191907.html>
- [15] PrimeFaces, *Roma*, 2019. Référence accessible sur le site de PrimeFaces : <https://www.primefaces.org/layouts/roma>
- [16] PrimeFaces, 2019. Référence accessible sur le site de PrimeFaces : <https://www.primefaces.org/>
- [17] Comentum, *Web Application Development Services*, 2019. Référence accessible sur le site de Comentum : <https://www.comentum.com/web-application-development-services.html>
- [18] Neuvo, *Salaire Développeur web, Canada*, 2019. Référence accessible sur le site de Neuvo : <http://neuvo.ca/salaire/?job=developpeur+web>
- [19] CodeCreators, *Mobile App Development*, 2019. Référence accessible sur le site de CodeCreators : <https://www.codecreators.ca/mobile-application-development/>
- [20] CodeCreators, *IOT Development*, 2019. Référence accessible sur le site de CodeCreators : <https://www.codecreators.ca/iot-development/>
- [21] A.R. Greenleaf, *Photographic optics*, 1950. Référence accessible sur le site Google books : <https://books.google.ca/books?id=M5ghAAAAMAAJ>
- [22] Fiche descriptive du thermomètre Accu-Temp sur le site Arescuisine, Référence accessible sur le site : <https://www.arescuisine.com/us/thermometre-numerique-bluetooth-android-apple-accu.html>
- [23] Fiche descriptive du thermomètre Accu-Temp sur le site d'Amazon : <https://www.amazon.ca/Accu-Temp-Smart-Cooking-Thermometer/dp/B01NOGWF1R>
- [24] Fiche descriptive du thermomètre Accu-Temp sur le site du magasin Canadian Tire : <https://www.canadiantire.ca/fr/pdp/accu-temp-smart-cooking-thermometer-1424307p.html>
- [25] Tutoriel sur l'utilisation de la thermistance avec Arduino : <http://www.circuitbasics.com/arduino-thermistor-temperature-sensor-tutorial/>
- [26] Fiche de la thermistance NTCLE100E3103JT2 sur digikey : <https://www.digikey.ca/product-detail/en/vishay-bc-components/NTCLE100E3103JT2/BC2396TR-ND/2230724>

- [27] Fiche de l'Arduino Uno sur le site d'amazon :
<https://www.amazon.com/Arduino-A000066-ARDUINO-UNO-R3/dp/B008GRTSV6>
- [28] Fiche de présentation du thermomètre intelligent Thermo de Withings :
https://www.withings.com/ca/fr/thermo?gclid=Cj0KCQjwg73kBRDVARIsAF-kEH8n85xIN_s-bC4XwdGrTSWUHH0uYsVg_0Vvm2RqW8_NIj5mhevLMp4aAivFEALw_wcB&gclsrc=aw.ds
- [29] Fiche de vente de la diode 1n4148 sur alliedelec.com :
https://ca-en.alliedelec.com/product/vishay-small-signal-opto-products-ssp-/1n4148-tr/70061726/?&gclid=Cj0KCQjwg73kBRDVARIsAF-kEH-W0AxulJrrerGKhb8asdrQz38ZbRS-QWP_t0YE0Ev7whkFbtyOT4AaAujYEALw_wcB&gclsrc=aw.ds
- [30] Tutoriel de l'utilisation d'un Arduino et d'une diode 1n4148 comme thermomètre :
<https://www.hackster.io/microst/thermometer-diode-based-524613>
- [31] Fiche technique de la diode 1n4148 :
<https://www.vishay.com/docs/81857/1n4148.pdf>
- [32] Fiche de la carte SD SanDisk 32 Go classe 10 sur le site de vente en ligne Amazon :
https://www.amazon.ca/Sandisk-Ultra-Class-Memory-SDSDUNC-032G-GN6IN/dp/B0143RT80Y/ref=sr_1_1?adgrpid=64072851822&hvadid=338546225427&hvdev=c&hvlocphy=9000264&hvnetw=g&hvpos=1t1&hvqmt=b&hvrnd=1385930668605963580&hvtargid=kwd-311568263496&keywords=sd+card+32gb&qid=1553004425&s=gateway&sr=8-1&tag=googlefrenchd-20
- [33] Fiche de la carte SD SanDisk 32 Go classe 10 sur le site de Canadian Tire :
https://www.canadiantire.ca/fr/pdp/carte-memoire-sd-sandisk-32-go-classe-10-0694082p.html?gclid=Cj0KCQjwpsLkBRDpARIsAKoYI8y804isWSxEqKLtHY_QyjSDdHDr_cnhVIpC60UhN_DvTz08a23cfiEaAnVeEALw_wcB&gclsrc=aw.ds
- [34] Site internet de hubic : <https://hubic.com/fr/>
- [35] Site internet de la plateforme nuage de Google :
https://cloud.google.com/gcp/?hl=fr&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=na-CA-all-fr-dr-bkws-all-all-trial-e-dr-1006141&utm_content=text-ad-none-any-DEV_c-CRE_246981386096-ADGP_Hybrid%20%7C%20AW%20SEM%20%7C%20BKWS%20%7C%20CA%20%7C%20fr%20%7C%20Multi%20~%20Google%20Cloud-KWID_43700029712638740-kwd-6458750523&utm_term=KW_google%20cloud-ST_google%20cloud&gclid=Cj0KCQjwpsLkBRDpARIsAKoYI8y55-FY-u-tbcMjyD27TnRNwxsovqkawa7ihIos6lvoeZUJhV6wZkIaAlmxEALw_wcB
- [36] Description des systèmes informatique en nuage : https://www.pmtic.net/sites/default/files/filemanager/memos/pmtic_rech_stock_orga_stocker_cloud.pdf
- [37] Fiche du disque dur SSD Kingstone Digital SSD A400 SATA 3 sur le site de vente en ligne Amazon : https://www.amazon.ca/Kingston-Digital-240GB-SA400S37-240G/dp/B01NOTQPQB/ref=sr_1_1?adgrpid=70588794910&hvadid=338566747399&hvdev=c&hvlocphy=9000264&hvnetw=g&hvpos=1t1&hvqmt=e&hvrnd=

- 7332898350628790834&hvtargid=kwd-6250669858&keywords=ssd%2Bhard%2Bdrive&qid=1553010981&s=gateway&sr=8-1&tag=googlefrenchd-20&th=1
- [38] Description des disques durs sur SSD :
<https://www.culture-informatique.net/cest-quoi-disque-dur-ssd/>
- [39] Fiche du disque dur Western Digital SATA III sur Amazon :
https://www.amazon.ca/Western-Digital-Cache-Desktop-Drive/dp/B0088PUEPK/ref=sr_1_2?adgrpid=66673166829&hvadid=338547656331&hvdev=c&hvlocphy=9000264&hvnetw=g&hvpos=1t1&hvqmt=e&hvrnd=10837815785367396351&hvtargid=kwd-15026630&keywords=hdd&qid=1553028630&s=gateway&sr=8-2&tag=googlefrenchd-20
- [40] Article traitant de la différence entre disque dur HDD et SSD :
<https://blog.toucheclavier.com/differences-entre-disque-dur-hdd-ssd/>
- [41] Fiche de vente du thermomètre H-B Instrument 2/1110 Durac sur Amazon :
https://www.amazon.ca/Instrument-General-Immersion-Thermometer-Accuracy/dp/B00551N8Q2/ref=sr_1_2?__mk_fr_CA=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&keywords=mercury+thermometer&qid=1553089659&s=gateway&sr=8-2
- [42] *ACRYLIC SHEET PRICES* San Diego Plastics Inc. Fiche de vente du PMMA :
<http://www.sdplastics.com/sdplas2.html>
- [43] *Aluminium 2014 T6 Plate Suppliers* Sanghvi Overseas Inc. Fiche de vente des plaques d'aluminium :
<https://www.sanghvioverseasinc.com/aluminium-aluminum/aluminium-plate-aluminum-plate/aluminium-2014-t6-plate-manufacturer-supplier/>
- [44] Qureshi, Umair Mujtaba et al. "RF Path and Absorption Loss Estimation for Underwater Wireless Sensor Networks in Different Water Environments" *Sensors* (Basel, Switzerland) vol. 16,6 890. 16 Jun. 2016, doi :10.3390/s16060890.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4934316/>
- [45] Article traitant du refroidissement à eau : http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD0102/travaux/optemf/bei_mot/0102/pages/piston/partieb/refroid/intro.htm
- [46] Fiche de la vente du EK-KIT-S120 sur le site EKWB :
<https://www.ekwb.com/shop/ek-kit-s120>
- [47] Fiche de vente du iPhone 7 :
<https://www.apple.com/xf/shop/buy-iphone/iphone-7>
- [48] Article traitant des radiateurs de moteurs d'automobiles :
<https://westislandgarage.com/reparation-automobile/circuit-de-refroidissement-du-moteur/>
- [49] Fiche de vente du radiateur ABAKUS :
<https://www.piecesauto24.com/abakus/8528530>
- [50] Article traitant des pâtes thermiques
<https://www.config-gamer.fr/guide-achat/quelle-pate-thermique-choisir-pour-refroidir-votre-processeur-7222.html>

- [51] Fiche de vente de la pâte NT-H1 sur le site de vente en ligne cdiscount.com :
https://www.cdiscount.com/informatique/ventilation-refroidissement/noctua-pate-thermique-nt-h1/f-10789-nth1.html?awc=6948_1553134427_6df016c478eb94c9b40e818aa23e8c09&refer=zanoxpb&cid=affil&cm_mmc=zanoxpb_-_297939
- [52] Article traitant des modules Peltier :
<https://www.digikey.fr/fr/articles/techzone/2018/feb/choosing-using-advanced-peltier-modules-thermoelectric-cooling>
- [53] Fiche de vente du module Peltier Tec1-12706 : https://www.banggood.com/fr/TEC1-12706-40x40mm-Thermoelectric-Cooler-Peltier-Plate-Module-12V-60W-p-74295.html?rmmds=detail-top-buytogether-auto&cur_warehouse=USA
- [54] Lindy International <https://www.lindy-international.com/USB-3-0-AOC-Cable-50m.htm?websale8=ld0101.ld020102&pi=42684>
- [55] KVM Switches Online <https://www.kvm-switches-online.com/usb2-aa-50m.html>
- [56] Techflex <https://www.wirecare.com/category/braided-sleeving/heavy-duty/flexo-heavy-wall?utf8=%E2%9C%93&id=19&order=Price>
<https://www.techflex.com/heavy-duty/flexo-heavy-wall?part=HWN0.13BK>
- [57] Raspberry Pi <https://www.raspberrypi.org/>
- [58] LDLC <https://www.ldlc.com/fiche/PB00222375.html>
- [59] *RF Path and Absorption Loss Estimation for Underwater Wireless Sensor Networks in Different Water Environments*
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4934316/>
- [60] Librairie standard Python <https://docs.python.org/2/library/datetime.html>
- [61] Mini RTC <https://thepihut.com/products/mini-rtc-module-for-raspberry-pi>
- [62] Fiche de vente du HS00012K <https://www.solid-run.com/product/HS00012K/>
- [63] Article traitant des radiateurs d'ordinateurs :
https://ep-us.mersen.com/solutions/cooling-of-power-electronics/?gclid=CjwKCAjw7MzkBRAGEiwAkOXexDsrWK9AAF3QIS6VO_ZTs47ZDxeyY9GAYUX31bDsZxp30uYYSiDGfBoCSogQAvD_BwE
- [64] Site internet de walmart <https://www.walmart.ca/fr/ip/piles-aa-ultimate-denergizer-au-lithium/6000197147941>
- [65] Site internet de Best Buy <https://www.bestbuy.ca/en-ca/product/anker-powercore-20100-20000mah-ultra-high-capacity-portable-charger-power-bank-4-8a-output-poweriq-technology-black/11793503.aspx?>
- [66] Site de Reconyx <http://www.reconyx.com/product/Solar-Panel-Power-Unit>
- [67] StackExchange Encryption hybride
<https://crypto.stackexchange.com/questions/31234/why-is-hybrid-encryption-more-effective-than-other-encryption-scheme>

- [68] express VPN vidéo sur la sécurité <https://www.expressvpn.com/what-is-vpn>
- [69] Isec VPN
https://www.juniper.net/documentation/en_US/junos/topics/topic-map/security-ipsec-vpn-overview.html
- [70] WPA2 - Wi-Fi Protected Access 2 <https://www.webopedia.com/TERM/W/WPA2.html>
- [71] It specialist Salary <https://neuvoo.ca/salary/?job=it+specialist>
- [72] Build a Convolutional Neural Network using Estimators
<https://www.tensorflow.org/tutorials/estimators/cnn>
- [73] Étude de logiciel de masque sur les requins <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.402.1860&rep=rep1&type=pdf>
- [74] Element ai https://www.elementai.com/?gclid=CjwKCAjw7MzkBRAGEiwAkOXexP9kL9PCqgTN57ItBEKDvB9Al04gtiNDKWs_a_Tlin9FaHWzPTcL5ohoChTkQAvD_BwE
- [75] fishverify
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fishverify&hl=en>
- [76] Pushover for Web App <https://pushover.net/>
- [77] Chrome Alarms <https://developer.chrome.com/extensions/alarms>
- [78] Tizen https://www.tizen.org/tv/web_device_api/alarm

Annexe A

Liste des sigles et des acronymes

API	Application Programming Interface
BIPM	Bureau international des poids et mesures
CGPM	Conférence générale des poids et mesures
CODATA	Committee on Data for Science and Technology
EM	Électromagnétique
ISBN	International Standard Book Number
JPEG	Joint Photographic Experts Group
Mbps	Mégabits par seconde
MFA	Ministère de la Faune Aquatique
NIST	National Institute of Standards and Technology
PDF	Portable Document Format
PET	Polytéréphtalate d'éthylène
PMMA	Polyméthacrylate de méthyle
RADARSAT	RADAR SATellite
RF	Fréquences radios
SI	Système international d'unités
URL	Uniform Resource Locator

Annexe B

Équations pour le capteur d'image OV5640

Dans cette annexe, toutes les équations nécessaires à la compréhension des données de la section 5.2.1.4 seront fournies.

Les spécifications du fabriquant nécessaires aux calculs sont indiqués au tableau B.1.

Specs	Valeur
Taille du pixel	$1.4\mu\text{m}$
Hauteur du senseur (H)	$2738.4\mu\text{m}$
Largeur du senseur (W)	$3673.6\mu\text{m}$
Focale	3.2mm
F-number	2.8

TABLE B.1 – Spécification du fabriquant pour le capteur OV5640 [7]

Pour l'exemple de calcul, les données suivantes du tableau B.2 seront considérées. Celles-ci sont possible selon les données fournies par le fabriquant. Le diamètre de la lentille est déterminé à partir du F-number $N = f/D$ et le cercle de confusion est calculé comme $c = 1.5t_{\text{px}}$

Specs	Valeur
Focale (f)	3.2mm
F-number (N)	$f/2.8$
Diamètre de la lentille (D)	1.143mm
Distance du focus (s)	1.0m
Distance lentille-capteur (d)	3.2mm
Cercle de confusion (c)	$2.1\mu\text{m}$

TABLE B.2 – Valeurs pour un exemple de calcul

Les équations B.1 à B.3 sont les équations d'imagerie [21]. La distance hyperfocale H est

une nécessaire pour calculer la profondeur de champ :

$$H = \frac{f^2}{N_c} - f \quad (\text{B.1})$$

Le champ proche D_n est la limite inférieure à laquelle le système peut imager :

$$D_n = \frac{s(H - s)}{H + s - 2f} \quad (\text{B.2})$$

Le champ lointain D_f est la limite supérieure à laquelle le système peut imager :

$$D_n = \frac{s(H - s)}{H - s} \quad (\text{B.3})$$

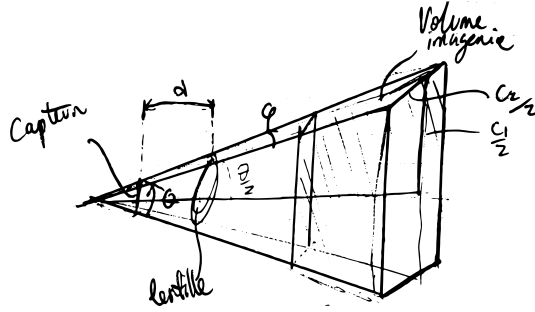


FIGURE B.1 – Géométrie du volume d'imagerie

Le volume d'imagerie est une pyramide tronquée. Le développement de son équation nécessite donc les équations d'imagerie et les équations de la géométrie du système. Les équations B.7 à B.15 définissent la géométrie du système à la figure B.1. L'aire de la base la plus lointaine Ab_f est définie un rectangle tel que

$$Ab_f = c_{1f} \cdot c_{2f} \quad (\text{B.4})$$

$$c_{1f} \equiv 2D_f \tan \frac{\theta}{2} \quad (\text{B.5})$$

$$c_{2f} \equiv 2D_f \tan \frac{\phi}{2} \quad (\text{B.6})$$

$$Ab_f = (2D_f)^2 \tan \frac{\theta}{2} \tan \frac{\phi}{2} \quad (\text{B.7})$$

L'aire de la base la plus proche Ab_n est définie un rectangle tel que

$$Ab_n = c_{1n} \cdot c_{2n} \quad (\text{B.8})$$

$$c_{1n} \equiv 2D_n \tan \frac{\theta}{2} \quad (\text{B.9})$$

$$c_{2n} \equiv 2D_n \tan \frac{\phi}{2} \quad (\text{B.10})$$

$$Ab_n = (2D_n)^2 \tan \frac{\theta}{2} \tan \frac{\phi}{2} \quad (\text{B.11})$$

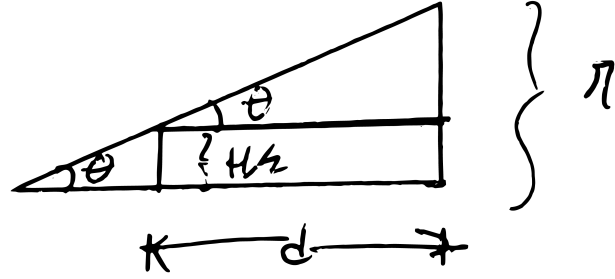


FIGURE B.2 – Géométrie du système lentille-capteur

À l'aide du système lentille-capteur, il est possible de déterminer une relation pour les angles ϕ et θ en supposant que l'ouverture du champ est limitée par le diamètre de la lentille.

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{r - H/2}{d} \quad (\text{B.12})$$

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{D - H}{2d} \quad (\text{B.13})$$

$$\tan \frac{\phi}{2} = \frac{r - W/2}{d} \quad (\text{B.14})$$

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{D - W}{2d} \quad (\text{B.15})$$

En combinant toutes ces équations, il est possible d'arriver à la relation suivante :

$$V = \frac{Ab_f D_f}{3} - \frac{Ab_n D_n}{3} \quad (\text{B.16})$$

$$V = \frac{4 \tan \frac{\theta}{2} \tan \frac{\phi}{2}}{3} (D_f^3 - D_n^3) \quad (\text{B.17})$$

$$V = \frac{4}{3} \left(\frac{D - H}{2d} \right) \left(\frac{D - W}{2d} \right) (D_f^3 - D_n^3) \quad (\text{B.18})$$

On obtient alors les résultats montrés au tableau [B.3](#).

Specs	Valeur
Hyperfocale	1.738m
Limite de champ proche D_n	0.635m
Limite de champ lointain D_f	2.350m
Angle d'ouverture θ	-27.997°
Angle d'élévation ϕ	-43.151°
Volume d'imagerie	1.672m ³

TABLE B.3 – Résultat de l'exemple de calcul

Annexe C

Équations pour le boîtier

La pression hydrostatique est définie à l'équation C.1. La profondeur est h et p_0 est la pression atmosphérique.

$$p = p_0 + \gamma_{\text{eau}} h \quad (\text{C.1})$$

Ainsi, la pression à une profondeur de 15.25m est de 250.9kPa.

$$p = p_0 + \gamma_{\text{eau}} h \quad (\text{C.2})$$

$$= 101.3\text{kPa} + 9.807\text{kN/m}^3 \cdot 15.25\text{m} \quad (\text{C.3})$$

$$= 101.3\text{kPa} + 149.6\text{kPa} \quad (\text{C.4})$$

$$p = 250.9\text{kPa} \quad (\text{C.5})$$

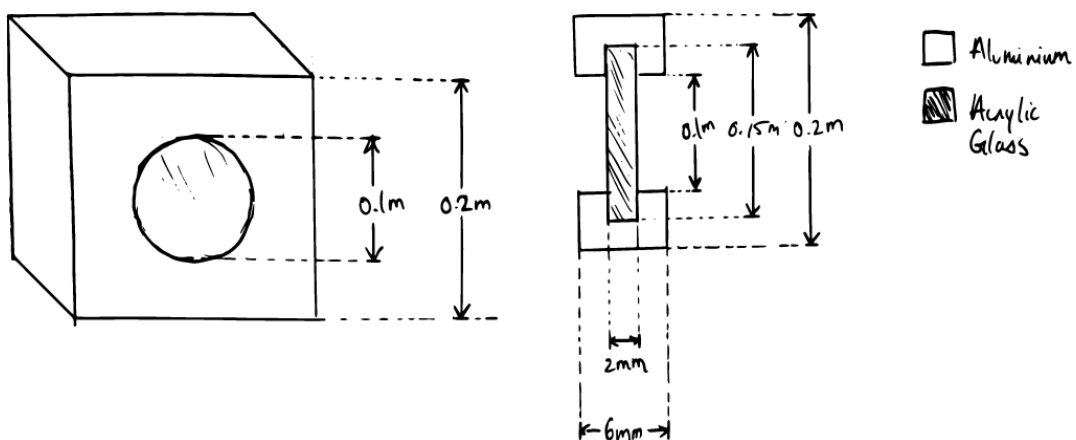


FIGURE C.1 – Design du boîtier

Selon le design du boîtier à la figure C.1, les caractéristiques seraient les suivantes

Caractéristique	Aluminium	PMMA
Surface	$6 \cdot 0.04\text{m}^2$	0.04m^2
Épaisseur	6mm	2mm
Masse pour la commande	4.032kg	0.095kg
Coût	2.6\$/kg	3.70\$/ft ²
Coût total	10.50\$	1.59\$

TABLE C.1 – Caractéristiques pour la commande des matériaux du boitier
[\[42\]](#) [\[43\]](#)

La masse d'aluminium dans le dispositif est

$$m = \rho_{Al}V \quad (\text{C.6})$$

$$V = c^3 - (c - t)^3 \quad (\text{C.7})$$

$$V = (0.2m)^3 - (0.2m - 0.006m)^3 \quad (\text{C.8})$$

$$V = 6.99 \cdot 10^{-4}m^3 \quad (\text{C.9})$$

$$m = 2800\text{kg}/\text{m}^3 \cdot 6.99 \cdot 10^{-4}m^3 \quad (\text{C.10})$$

$$m = 1.956\text{kg} \quad (\text{C.11})$$

La masse de PMMA dans le dispositif est

$$m = \rho_{PMMA}V \quad (\text{C.12})$$

$$V = \pi r^2 t \quad (\text{C.13})$$

$$V = \pi(0.075m)^2(0.002m) \quad (\text{C.14})$$

$$V = 3.53 \cdot 10^{-5}m^3 \quad (\text{C.15})$$

$$m = 1190\text{kg}/\text{m}^3 \cdot 3.53 \cdot 10^{-5}m^3 \quad (\text{C.16})$$

$$m = 0.042\text{kg} \quad (\text{C.17})$$

Le boitier aurait donc une masse de 2.00kg.

Annexe D

Distance d'acheminement des information

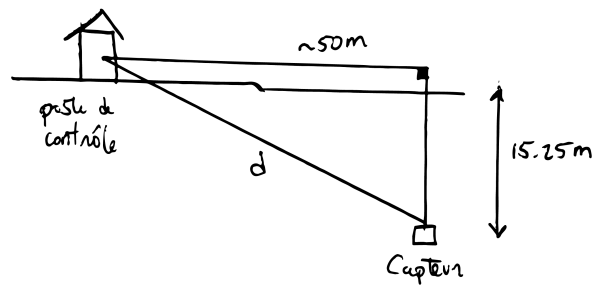


FIGURE D.1 – Distance pour acheminer les informations au poste de contrôle