



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	iii
Liste des tableaux	iv
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	10
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
A	Liste des sigles et des acronymes	18

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

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

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 reliées 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 coûts globaux

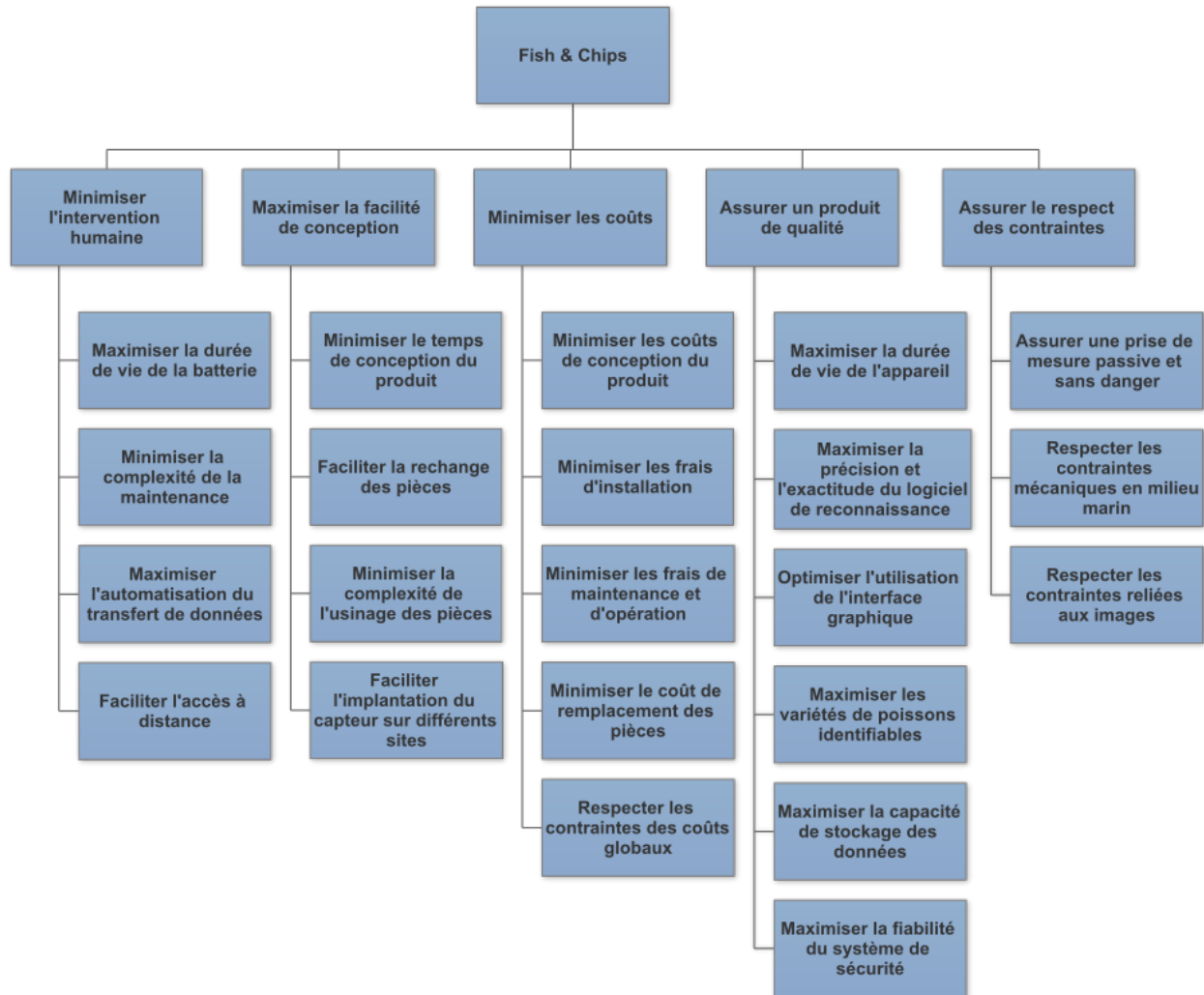


FIGURE 3.1 – Organigramme des objectifs du projet Fish & Chips

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 :

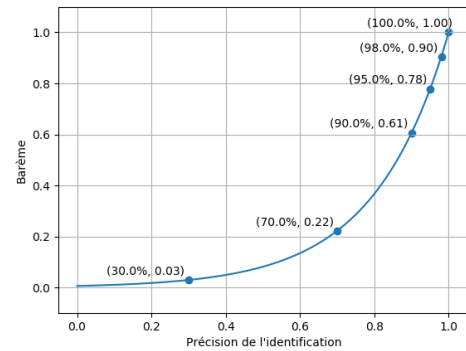


FIGURE 4.1 – Illustration du barème pour la précision de l'identification des poissons

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

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.

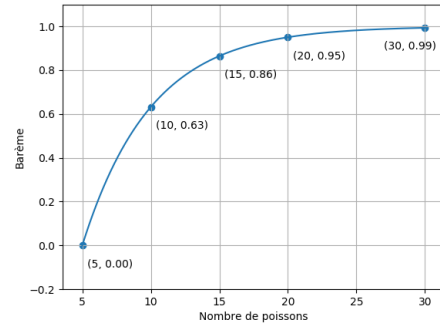


FIGURE 4.2 – Barème pour le nombre de poissons à identifier

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

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 attitré 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 investi 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
Dntre 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 l'écran	Faciliter la recharge des piles	Minimiser la complexité de l'usage des pièces	Minimiser les coûts de conception du produit	Minimiser les frais de maintenance et d'opération	Minimiser le coût de remplacement des pièces	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 composants 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 pièces				●	□	●	◊										
Respect des contraintes	Maximiser la simplicité des pièces		●		□	●												
	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												●					●	◊
		Contraintes																
		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																

FIGURE 4.3 – Maison de qualité du projet Fish & Chips

Annexe A

Liste des sigles et des acronymes

BIPM	Bureau international des poids et mesures
CGPM	Conférence générale des poids et mesures
CODATA	Committee on Data for Science and Technology
ISBN	International Standard Book Number
JPEG	Joint Photographic Experts Group
NIST	National Institute of Standards and Technology
PDF	Portable Document Format
RADARSAT	RADAR SATellite
SI	Système international d'unités
URL	Uniform Resource Locator