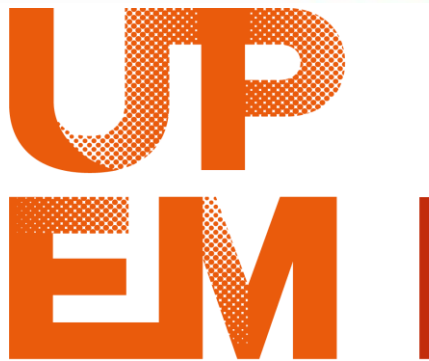


# Cahier des Charges Fonctionnelles

**Equipe AquaDrone**

**COLLOMB Jérémie - GOASDOUE Jérôme - PASCOLI Théo - STROCK  
Philippe - SZYMANSKI Loïc - VANDERPERRE François - YOU Thibault**

**20 octobre 2016**



**UNIVERSITÉ PARIS-EST  
MARNE-LA-VALLÉE**



Responsable projet ONEMA LICCARDI Alexandre



## Versions

Version	Date	Auteur	Modification
0.1	20/10/2016	Equipe projet	Version initiale
1.0	28/10/2016	Equipe projet	Version pour diffusion
1.1	11/11/2016	Equipe projet	Correction
1.2	19/11/2016	Equipe projet	Correction

## Approbations

Etapes	Auteur	Rôle	Date
Ecriture	Equipe projet	-	19/11/2016
Relecture	Equipe projet	-	19/11/2016
Validation	Jérôme	Responsable Qualité et Documentation	19/11/2016
Approbation	Jérémie	Chef de projet	19/11/2016



## Table des matières

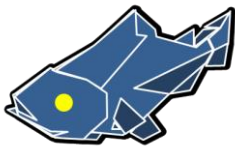
<b>VERSIONS.....</b>	<b>2</b>
<b>APPROBATIONS.....</b>	<b>2</b>
<b>TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>3</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS .....</b>	<b>4</b>
<b>1. GLOSSAIRE .....</b>	<b>5</b>
<b>2. L'EQUIPE AQUADRONE .....</b>	<b>7</b>
2.1. L'EQUIPE .....	7
2.2. ROLES.....	8
2.2.1. <i>Chef de projet</i> .....	8
2.2.2. <i>Responsable Client</i> .....	9
2.2.3. <i>Responsable Qualité et Documentation</i> .....	9
2.2.4. <i>Expert Technique</i> .....	10
2.2.5. <i>Expert Métier</i> .....	10
2.2.6. <i>Responsable Interface Graphique</i> .....	11
2.2.7. <i>Responsable Outils</i> .....	11
2.3. MATRICE DES ROLES .....	12
<b>3. PROJET.....</b>	<b>13</b>
3.1. CONTEXTE .....	13
3.1.1. <i>ONEMA</i> .....	13
3.1.2. <i>Métier</i> .....	13
3.2. LE PROJET.....	14
3.2.1. <i>Demande du client</i> .....	14
3.2.2. <i>Proof of concept</i> .....	14
3.3. CONTRAINTES.....	15
3.3.1. <i>Prix</i> .....	15
3.3.2. <i>Résistance à l'eau et à la température</i> .....	15
3.3.3. <i>Communication</i> .....	15
3.3.4. <i>Autonomie</i> .....	16
3.3.5. <i>Divers</i> .....	16
3.4. OPPORTUNITES.....	16
<b>4. CHOIX DU DRONE ET DES CAPTEURS .....</b>	<b>18</b>
4.1. DRONE ET CAPTEURS.....	18
4.2. POSITIONNEMENT .....	19
4.3. SIMULATION .....	20
<b>5. DESCRIPTION FONCTIONNELLE.....</b>	<b>22</b>
5.1. ACTEURS .....	22
5.1.1. <i>Agent</i> .....	23
5.1.2. <i>Testeur</i> .....	23
5.1.3. <i>Capteur</i> .....	24
5.1.4. <i>Base de Données</i> .....	24
5.2. SYSTEME .....	25
5.2.1. <i>Au niveau du simulateur</i> .....	27
5.2.2. <i>Sur le terrain</i> .....	27
5.3. OBJETS DU DOMAINE.....	29



5.4.	CAS D'UTILISATION.....	31
5.4.1.	Simulation : Générer les entrées et les fichiers de simulation.....	31
5.4.2.	Simulation : Effectuer une simulation.....	34
5.4.3.	Simulation : Vérifier la cohérence des données relatives au positionnement.....	37
5.4.4.	Drone : Réaliser des mesures (sur QGis).....	39
5.4.5.	Drone : Recalibrer les positions (sauvegardées) du drone.....	42
5.4.6.	Drone : Calibrer le décalage / marge d'erreur.....	44
5.4.7.	Drone : Tester l'algorithme de positionnement.....	45
5.5.	ARCHITECTURE FONCTIONNELLE.....	48
5.5.1.	Drone.....	48
5.5.2.	Simulateur.....	50
5.5.3.	Communication/QGIS.....	52
6.	<b>LOTISSEMENT.....</b>	<b>53</b>
6.1.	LOTS.....	53
6.1.1.	Lot 1 : Simulateur et algorithmes.....	53
6.1.2.	Lot 2 : Intégration des développements dans le drone.....	53
6.1.3.	Lot 3 : Développement de l'interface QGIS.....	53
6.1.4.	Lot 4 : Développement des indicateurs sur la console de pilotage.....	54
6.2.	LIVRABLES.....	54

## Table des illustrations

Figure 1 - Schématisation du modèle RTK.....	20
Figure 2 - Diagramme des acteurs.....	22
Figure 3 - Diagramme d'interaction générale relatif à la simulation et au drone.....	26
Figure 4 - Modélisation des objets du domaine.....	29
Figure 5 - Architecture du système (pour le drone).....	48
Figure 6 - Architecture de la simulation.....	50
Figure 7 - Architecture du module QGis.....	52



## 1. Glossaire

**Drone** : Objet inhabité, piloté à distance, semi-autonome ou autonome, susceptible d'emporter différentes charges utiles le rendant capable d'effectuer des tâches spécifiques pendant une durée pouvant varier en fonction de ses capacités.

**Capteur** : Système servant à détecter un phénomène physique, souvent sous forme de signal électrique dans le but de le représenter.

**GPS** : « Global Positioning System », système de géolocalisation utilisant des signaux satellites pour identifier une position.

**Bathymétrie** : Science de la mesure des profondeurs et du relief de l'océan pour déterminer la topographie du sol de la mer.

**Topographie** : Science qui permet la mesure puis la représentation sur un plan ou une carte des formes et détails visibles sur un terrain. Ils peuvent être naturels (notamment le relief et l'hydrographie) ou artificiels (comme les bâtiments, les routes, etc.).

**Temps réel** : En informatique, un système temps réel est un système capable de contrôler un procédé physique à une vitesse adaptée à l'évolution du procédé contrôlé. Par exemple, les mesures réalisées par un drone sont affichées en direct (sans latence) sur un écran déporté, plus ou moins loin de la source du drone.

**Turbidité** : Caractéristique optique de l'eau, il s'agit de sa capacité à diffuser ou absorber la lumière provenant du « ciel ».

**Salinité** : Teneur en sel d'un milieu.

**Luminométrie** : Mesure de l'intensité lumineuse.

**Waterproof** : Terme employé pour parler de quelque chose d'imperméable, d'étanche à l'eau.

**Géomatique** : Ensemble des technologies permettant de modéliser, représenter et analyser le territoire pour en faire des représentations virtuelles.

**IGN** : "Institut Géographique Nationale". C'est l'organisme qui s'occupe de fournir les informations géographiques de référence en France.

**POC** : "Proof of concept". Il s'agit d'apporter des preuves sur la faisabilité ou non d'un projet.

**Plongée** : Passage du drone de la surface de l'eau à un milieu complètement aquatique.

**Remonté** : Passage d'un milieu complètement aquatique à la surface de l'eau.

**Système** : Le système permet de diriger le drone, de le localiser, d'effectuer des mesures, d'envoyer des informations au pilote ou à l'analyste



**Analyste** : L'analyste va traiter l'ensemble des informations affichées par le système, et va les afficher.

**Pilote** : Personne physique qui va diriger le drone et les mesures à l'aide des informations du système et du pilote.

**Zone de récupération** : Lieu où la personne en charge du robot peut le récupérer

**Accéléromètre** : Instrument permettant de mesurer l'accélération d'un mouvement et d'étudier l'intensité des chocs et vibrations qui en résultent

**Gyroscope** : Appareil indiquant une direction constante grâce à un axe autour duquel il tourne.

**Compas** : Le compas est un instrument de navigation qui donne une référence de direction (le nord) sur le plan horizontal.

**Station de supervision** : équipement recevant et traitant les informations captées par le drone et les capteurs.

**Station de contrôle/pilotage** : équipement permettant à une personne physique de diriger directement ou indirectement (par le biais de programme) le drone et les capteurs.

**GPLv3 (Open-Source)** : Licence open source la plus permissive sur le marché.

**Trace (Log)** : Données sauvegardées afin de pouvoir les réutiliser.

**Calibrage** : Géolocalisation de l'ensemble du trajet effectué.

**Canvas** : Fenêtre du logiciel QGIS affichant les données géolocalisées.

**Flux MAVLINK** : Micro Air Vehicle Link est un protocole de communication pour les drones. Il est utilisé pour la communication entre le drone et la station de pilotage.

**WGS84** : Système géodésique de référence pour le GPS. Les coordonnées issues du GPS seront reprojeter en Lambert 93 pour respecter la réglementation Française

**Lambert-93** : Système de projection Français de référence



## 2. L'équipe AquaDrone

### 2.1. L'équipe

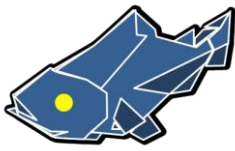
L'équipe AquaDrone est composée de sept étudiants de différentes filières : Informatique et Réseau (IR) ainsi qu'Informatique et Géomatique (IG). Au vu de la complexité et des compétences requises par le projet, avoir des étudiants avec un panel de compétences différent est essentiel.

Les géomaticiens (étudiants en IG – au nombre de 4) ont une maîtrise de la géomatique. Au travers de leur formation, ils possèdent une certaine expérience et connaissance des environnements cartographiques. C'est pour cette raison, que les tâches associées à la géomatique et à la cartographie seront réalisées par leurs soins.

La gestion des outils et la gestion des communications entre le drone et la station de supervision sont sous la responsabilité des étudiants en IR (au nombre de 3). En effet, le bagage réseau, système et développement de cette formation est plus adapté pour ces parties. La gestion du drone est par ailleurs sous une responsabilité commune entre membres IG et IR. Les étudiants des deux formations possèdent des notions en informatique embarquée leur permettant de mener à bien des opérations de montage et configuration de l'électronique du drone.

Les deux filières sont caractérisées par :

- Jérémie COLLOMB (IR)
- Jérôme GOASDOUE (IG)
- Théo PASCOLI (IR)
- Philippe STROCK (IG)
- Loïc SZYMANSKI (IG)
- François VANDERPERRE (IG)
- Thibault YOU (IR)



## 2.2. Rôles

*Les différents rôles sont détaillés dans les fiches de poste présentes dans le classeur projet.*

### 2.2.1. Chef de projet

Le chef de projet a la charge de mener le projet jusqu'à son terme. En tant que chef d'orchestre, celui-ci doit être en contact permanent avec les différents acteurs du projet. Il est ainsi le centre du projet.

La réussite du projet passe par la réalisation de différentes étapes. Ces étapes sont les clés du succès (ou de l'échec) du projet. Il se doit donc de planifier chaque mission et tâches, et se trouve garant du respect des délais, que les jalons soient atteints en temps et en heure. La planification et l'état d'avancement doivent être communiqués à toute l'équipe. C'est pour cette raison que le chef de projet met à disposition de tous, via les outils de gestion, un suivi « en direct » du projet. Il doit s'assurer du bon déroulement des tâches et du respect de leurs objectifs.

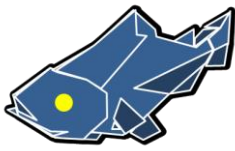
Les tâches doivent être traitées avec attention car certaines sont d'avantage prioritaires que d'autres et le chef de projet doit les classer. L'affectation des tâches doit être réalisée avec minutie car une personne ne possédant pas les compétences requises ne pourra pas réaliser la tâche (ou le temps de formation pour obtenir les prérequis retardera le projet). Il est donc important de porter attention aux compétences, mais il ne faut surtout pas oublier la motivation. En effet, le chef de projet se doit de veiller à satisfaire au mieux les envies de ses collaborateurs. Certes, certaines tâches peuvent être déplaisantes, mais plus un collaborateur appréciera les tâches qui lui sont affectées, plus celui-ci sera motivé. Cette motivation est la clé du succès d'un projet, elle permet à ses éléments de se surpasser pour obtenir un résultat satisfaisant.

Le chef de projet ne doit surtout pas oublier de communiquer avec les membres de l'équipe. En communiquant régulièrement avec les collaborateurs, le chef de projet comprend mieux les différents problèmes rencontrés sur les tâches. Cette discussion permet d'abord de comprendre et appréhender de nouvelles contraintes qui ne sont pas visible du premier coup. Cette discussion a aussi pour objectif de maintenir une ambiance sereine et amicale pour toute l'équipe. Le chef de projet se doit donc de faire preuve de diplomatie et d'une écoute approfondie pour mener le projet.

La gestion du projet nécessite de solides connaissances techniques afin de pouvoir diriger le projet vers son succès. Ces connaissances permettent également de fournir un appui technique efficace auprès des collaborateurs. Cet aspect est également important pour le client car c'est le rôle du chef de projet de veiller à ce que la solution finale corresponde aux besoins. Mais le chef de projet ne peut pas être expert dans tous les domaines. C'est pour cette raison que celui-ci doit régulièrement discuter avec les experts techniques pour connaître tous les tenants et aboutissants techniques.

L'équipe projet a décidé de nommer Jérémie COLLOMB en tant que chef de projet. En effet, celui-ci a déjà des expériences de chef de projet dans son entreprise ainsi qu'en management. Ses expériences et sa volonté de remplir ce rôle en ont fait le candidat parfait.





### 2.2.2. Responsable Client

Le responsable client a la charge de communiquer avec le client, il est l'intermédiaire entre l'équipe (chef de projet compris) et le client.

Il se charge entre autres de planifier les différentes rencontres avec le client et travaille en étroite collaboration avec le chef de projet. Il prend en compte de l'ordre du jour avec ce dernier, ainsi que les différents objectifs de la réunion client. Le responsable client se charge également de transmettre et faire valider tous les documents projet auprès du client. Il est donc l'interlocuteur de choix dès que l'on évoque le client. En cas de questions, c'est vers cette personne que celui-ci se dirige. En aucun cas, le responsable client ne fera l'intermédiaire entre les experts métiers et les interlocuteurs métiers.

Le responsable client a également une mission importante qui est celle de s'assurer que le produit livré corresponde bien au besoin du client. En tant que contact privilégié pour le client, celui-ci dit s'assurer que les actions et décisions prises par le projet s'orientent bien dans le sens du client.

Au vu de sa rigueur et de ses compétences en communication (de type client / projet), François VANDERPERRE est la personne la plus à même de prendre ce poste.

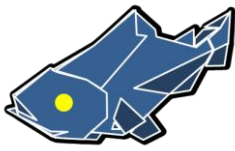
### 2.2.3. Responsable Qualité et Documentation

La qualité et la documentation du projet sont extrêmement importants. En effet, le projet est un prototype et l'équipe cherche à démontrer que le drone peut répondre au besoin. Au regard du travail attendu, il est important d'avoir une documentation précise.

Le responsable Qualité et Documentation est chargé de contrôler chaque document produit. Il a également la responsabilité de s'assurer que le produit, et les différents livrables respectent les normes qualités (qu'il aura pu définir). Dans cet objectif, il possède plusieurs missions :

- Homogénéiser les documents : chaque membre de l'équipe rédige des parties des livrables. Il a la charge de s'assurer que chaque livrable possède un style d'écriture homogène.
- Certifier les documents : il a la charge de contrôler les documents avant qu'ils ne soient transmis au client. Il est donc responsable de la qualité et de la crédibilité de l'équipe auprès du client.
- Veiller au respect des normes Qualité : le responsable Qualité a également la charge de s'assurer de la qualité du projet. Il doit donc prendre connaissance et faire respecter les différentes normes Qualité relatives à notre projet (ISO-9126 pour la qualité logicielle).

La responsabilité de la Qualité et de la Documentation a été déléguée à Jérôme GOASDOUE. Il est curieux et n'hésite pas à s'investir dans un champ de compétence potentiellement nouveau. La documentation n'est qu'une rigueur à appliquer, mais la qualité, c'est un domaine vaste qui nous reste à découvrir. Et c'est pour cette raison que Jérôme a pris cette responsabilité.



### 2.2.4. Expert Technique

L'expert technique est directement rattaché au chef de projet. Celui-ci possède deux missions : être expert dans son domaine et réaliser les choix technologiques. C'est-à-dire que celui-ci est le référent sur la technologie de son domaine. Il est de son ressort de s'assurer que la technologie utilisée correspond bien au besoin du projet et par conséquent, il est responsable de toute la partie formation relative à un sujet dans son domaine. Il est par ailleurs responsable des choix technologiques. Par conséquent, il doit se charger de trouver la solution la plus adaptée au besoin du projet. Il se doit donc d'anticiper les besoins et élaborer une étude de faisabilité impérative pour s'assurer que le choix technologique ne va pas ralentir le projet.

Au regard de l'amplitude des expertises nécessaires, l'équipe a décidé de séparer le rôle « Expert » en deux composantes : Expert Géomatique et Géolocalisation et Expert Réseau et Drone.

L'expert en Géomatique et Géolocalisation doit avoir une complète maîtrise de son domaine de compétence. La géolocalisation étant l'un des points critiques sur le sujet, par son sérieux, sa rigueur et sa connaissance du sujet, Loïc SZYMANSKI est l'expert responsable des deux parties. Il est assisté par François VANDERPERRE pour la partie Géomatique, et Philippe STROCK pour la partie Géolocalisation.

L'expert en Réseau et Drone doit avoir une parfaite maîtrise des systèmes embarqués. Il doit également avoir un certain bagage en électronique et des compétences en réseaux qui sont également nécessaires à la mise en place d'une communication fiable (et stable) entre le drone et la console de supervision. C'est pour cette raison que Théo PASCOLI a la charge de cette expertise. En effet, il possède une expérience dans le domaine de l'informatique embarquée et de l'électronique. De plus, il maîtrise les concepts des technologies réseaux.

### 2.2.5. Expert Métier

L'expert a la charge de veiller à ce que le drone livré fonctionne en parfaite adéquation avec le besoin que le client a spécifié. Il est en contact avec les différents acteurs métier du client.

Son rôle est de faire la passerelle entre l'équipe projet et le métier. Il a donc la charge de la compréhension du besoin et du fonctionnement métier. Dans notre cas, la partie positionnement est un défi technique. L'expert métier a donc la charge de discuter avec les experts géomaticiens de l'ONEMA. Cette discussion permettra d'approfondir les différentes solutions possibles pour satisfaire le besoin de précision au niveau de la localisation du dispositif. Il a donc la charge de récupérer toutes les problématiques et idées (liées aux connaissances métier) soulevées par les experts techniques et les soumettre.

Au regard du besoin de compréhension et de communication avec le métier, il a été décidé que Philippe STROCK serait le référent Expert Technique. En effet, il a l'habitude de communiquer avec différents acteurs externes. Grâce à sa formation en Informatique et Géomatique, Philippe aura toutes les connaissances pour comprendre le métier. Loïc SZYMANSKI est également associé à cette expertise. En effet, la partie positionnement est complexe. Loïc est donc sur cette expertise en tant que soutien à Philippe.



### 2.2.6. Responsable Interface Graphique

Le responsable interface a la charge de créer l'interface la plus adaptée au besoin du client. Il a donc la fonction de créer une interface graphique simple et intuitive. L'interface graphique n'est pas l'aspect le plus important du projet mais doit permettre de visualiser les mesures sur une carte. L'interface à développer doit simplement prouver que le système fonctionne. Au vu du besoin, il est important de ne pas s'axer sur « la meilleure » interface, mais sur une interface prouvant le bon fonctionnement du drone, et des mesures réalisées.

Thibault YOU a choisi de prendre cette responsabilité. En effet, il est créatif et à l'habitude d'utiliser différentes interfaces plus ou moins ergonomiques. Il connaît donc les différentes règles qui mènent vers un outil efficace.

### 2.2.7. Responsable Outils

Le responsable des outils est directement rattaché aux différents experts techniques, ainsi qu'au chef de projet. Il doit réaliser deux missions : trouver les outils les plus adaptés, ainsi que les gérer dans le temps.

Le responsable des outils a la charge de trouver tous les outils les plus adaptés aux besoins des experts techniques. Il doit donc discuter avec eux pour analyser leurs besoins. Il a à sa charge le rôle de trouver la meilleure solution ainsi que d'assurer sa mise en place.

Il est également garant du bon fonctionnement des applications. Il doit notamment s'assurer que la solution fonctionne sur les différents environnements présents. Il s'assure par ailleurs que les outils sont fonctionnels dès que l'équipe en a besoin. Il vérifie régulièrement que les données stockées sont correctement sauvegardées. Le responsable des outils a de même la charge de former les différents membres de l'équipe sur l'utilisation de l'écosystème mis à disposition.

Avec une expérience de gestion de projet et d'utilisation d'outils liés aux infrastructures informatiques, Thibault YOU est la personne la plus adaptée pour ce rôle. Il maîtrise tous les outils qui sont à disposition de l'équipe, ainsi que les environnements que l'équipe utilise. L'équipe aurait donc tort de l'empêcher de prendre cette responsabilité.



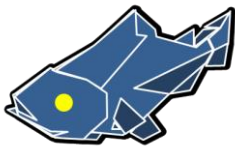
### 2.3. Matrice des rôles

Le tableau suivant permet de comprendre l'organisation du projet. En effet, chacun est acteur du projet.

Rôles	COLLOMB Jérémie	GOASDOUE Jérôme	PASCOLI Théo	STROCK Philippe	SZYMANSKI Loïc	VANDERPERRE François	YOU Thibault
Chef d'équipe	R						
Responsable Client						R	
Responsable Qualité et Documentation		R					
Expert Géomatique et Géolocalisation					R		
Expert Drone			R				
Expert Réseau			R				
Expert Métier				R			
Responsable Interface Graphique							R
Responsable Outils							R

R : Responsable

Tableau 1 - Matrice des rôles



### 3. Projet

#### 3.1. Contexte

##### 3.1.1. ONEMA

Notre client est l'ONEMA, un établissement public, créé suite à la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006. Cet établissement a pour principale mission la préservation et la restauration des eaux et milieux aquatiques français. Pour réaliser cette mission, l'établissement et ses 900 agents agissent sur plusieurs niveaux : la recherche et le contrôle.

En partenariat avec les organismes publics de recherches, l'ONEMA définit des priorités dans les thématiques de recherche relatives à l'eau, avec comme objectif d'orienter les décisionnaires pour qu'ils agissent en faveur de l'environnement. De plus, l'ONEMA coordonne le système d'information sur l'eau (SIE) regroupant plusieurs organismes publics œuvrant sur le domaine aquatique. Il permet notamment de rendre accessibles à tous les données relatives à l'eau et son utilisation par les services publics. L'ONEMA se charge entre autres, des mesures d'hydromorphologie, des relevés de température et du peuplement des différentes étendues d'eau.

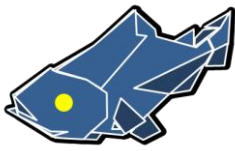
Les agents de l'établissement exercent également une mission de contrôle du respect de la réglementation sur l'eau et les milieux aquatiques par l'ensemble des usagers de l'eau : les particuliers, les agriculteurs, les industriels ou encore les collectivités locales. Enfin l'organisme apporte son expertise lors de la mise en place des politiques de l'eau. Elle accompagne également les opérations de restauration des milieux aquatiques sur le territoire français.

A compter du 1er janvier 2017, l'ONEMA fusionnera avec d'autres organismes travaillant sur des thématiques environnementales pour former l'Agence française pour la biodiversité dans le but de simplifier la gestion administrative et l'évolution des réglementations concernant les environnements aquatiques.

##### 3.1.2. Métier

Notre client cherche à améliorer l'étude des plans d'eau. Cette recherche demande de la rigueur afin que des plongeurs puissent cartographier les eaux selon différents critères (chimique, température, etc.). Cette cartographie sous-marine permet par la suite de déterminer quels types de faune ou de flore peuvent vivre dans l'environnement en question. Néanmoins, cette étude demande du temps car elle nécessite que des plongeurs suivent des protocoles précis afin de retranscrire au mieux les données recherchées sur une carte.

Le but de notre client est donc de simplifier cette tâche afin de gagner en temps, en précision et en capacité technique. Pour ce faire, notre client cherche à développer une solution avec un drone sous-marin qui embarquerait les différents capteurs nécessaires à l'élaboration de cette carte. De plus, ce drone pourrait être dirigé sous l'eau par une personne extérieure au milieu aquatique à l'aide d'une caméra. Il créerait des cartes en temps réel grâce aux différents capteurs, et ce, avec une précision fine. Cette solution doit pouvoir être adaptée à l'ensemble des études réalisées par l'ONEMA.



### 3.2. Le Projet

#### 3.2.1. Demande du client

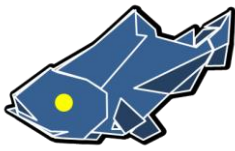
Ce projet est très ambitieux pour un Last Project et notre client en a conscience, le planning du projet s'étend d'ailleurs jusqu'en 2022. Notre projet « Drone Aquatique » consiste à fournir au client le POC d'une solution complète permettant de contrôler un drone aquatique. Ce dernier doit être capable de naviguer dans des milieux artificiels (simples d'accès) et de collecter des données simples telles que la bathymétrie, la vitesse du courant, la température etc. Une des contraintes à prendre en considération est qu'il doit être possible de positionner l'appareil lors de ses déplacements avec une précision de l'ordre de 50cm. L'appareil doit également pouvoir transmettre les informations issues de ses capteurs, et ces informations doivent être traitées en temps réel puis affichées dans le logiciel QGIS.

#### 3.2.2. Proof of concept

De notre côté, il s'agit de proposer un POC, une étude de solution, qui permettra, après avoir choisi un drone, de pouvoir amener celui-ci à réaliser des mesures sous (ou sur) l'eau et de les afficher sur une carte avec une géolocalisation précise à 50 cm près. Cet essai pose déjà plusieurs problèmes en termes de conception. En effet, la géolocalisation sous l'eau est presque impossible à de tels niveaux de précision (GPS – 3 à 10m) et profondeur (l'eau perturbe les signaux). De plus, la réalisation d'une carte en temps réel impose une communication quasi-permanente avec les capteurs du drone. Or, cette solution est très complexe à mettre en œuvre. Néanmoins, suite à la confirmation de notre client, nous n'avons pas d'obligation concernant la notion de temps réel, dans le sens où les données peuvent être envoyées lorsque le drone refait surface. Cette étape permettrait de le relocaliser, de recadrer les données et ensuite les afficher sur une carte.

Bien que la demande initiale soit un POC, notre client nous a quand même demandé d'effectuer une étude du marché des drones et des capteurs. L'un des objectifs de cette dernière est de choisir un équipement répondant aux exigences fonctionnelles et techniques établies par l'ONEMA. Le drone doit notamment être extensible et permettre d'ajouter des capteurs tout en s'assurant que la communication de ces données soit possible. Ainsi, de cette étude, nous pourrions proposer un POC qui sera le plus proche de la solution finale. De plus, cette étude est l'occasion de vérifier qu'un matériel répondant à la problématique de notre client n'existe pas déjà. Si c'est le cas, notre client est prêt à acheter ledit matériel afin que nous puissions proposer une solution.

Mais cet achat pose deux problématiques. La première, nous ne sommes pas sûr que nous sachions gérer l'ensemble de ces technologies afin d'effectuer un POC. Ainsi nous allons construire un simulateur de ces dernières, nous permettant de nous affranchir de certaines contraintes techniques. Néanmoins nous essaierons aussi de proposer une solution avec ce matériel si nous en avons la capacité et le temps. La deuxième problématique est de trouver un drone et des capteurs répondant à l'ensemble des contraintes techniques souhaitées par le client.



### 3.3. Contraintes

L'architecture de la solution à proposer est libre. Cependant, elle doit respecter deux contraintes. Le projet doit être « open source ». Il pourra ainsi être partagé, modifié et réutilisé librement. La seconde concerne le mode de communication et de traitement des informations. Le drone devra être connecté (physiquement ou non) à une station cliente qui traitera les informations reçues instantanément et les affichera. L'affichage des données doit être réalisé au travers de l'application cartographique QGIS.

Pour le drone, plusieurs choix nous ont été proposés. Celui-ci peut être issu d'une solution clé en main vendue pour « le grand public » ou bien réservée aux professionnels. L'élaboration de ce drone est soumise à plusieurs contraintes imposées par l'ONEMA. Le drone doit obligatoirement respecter les critères qui suivent.

#### 3.3.1. Prix

Tout d'abord le prix : le drone que nous allons réaliser est un POC, et s'il convient au client, celui-ci sera produit à plus grande échelle pour ses agents (après des études plus approfondies, notamment axées sur les performances ou d'autres types de capteurs). Par conséquent, le prix du prototype que nous allons assembler doit être raisonnable avec un coût total inférieur à 10 000€.

#### 3.3.2. Résistance à l'eau et à la température

Un deuxième critère primordial est que le drone doit résister au milieu dans lequel il sera utilisé. Dans notre cas, il s'agit d'un milieu aquatique, voire subaquatique. Par conséquent, chaque composant non résistant à l'eau doit être placé dans un boîtier étanche.

Il faut également considérer la température : le drone doit pouvoir être utilisable lorsque la température extérieure est basse (proche de 0°C pour l'eau, inférieure à 0°C hors de l'eau) ou élevée (30°C ou 40°C maximum pour le prototype, bien qu'il faudrait effectuer une étude plus approfondie à ce niveau).

#### 3.3.3. Communication

L'eau soulève une autre problématique dont il est nécessaire de tenir compte : si le drone est subaquatique, alors il faut se rappeler les propriétés physiques du milieu. Notamment, la vitesse de propagation des ondes est différente, et l'utilisation des hautes fréquences est impossible en ce qui concerne les ondes électromagnétiques. Par exemple, une antenne Wi-Fi de standard 2.4GHz a une portée de quelques centimètres seulement dans l'eau ; en utilisant les basses fréquences on peut atteindre une distance de quelques dizaines de mètres.

Il est important de noter qu'une réduction de la fréquence entraîne une réduction de la vitesse de transfert des données : il est crucial de trouver une bande de fréquences exploitable pour permettre la transmission des données et leur affichage en temps réel.

En ce qui concerne les ondes acoustiques, elles se propagent bien sous l'eau mais il va falloir analyser les possibilités d'interférences avec le bruit ambiant des milieux subaquatiques.



Ces contraintes doivent être analysées et prises en compte pour le choix des technologies que nous allons utiliser pour la communication entre le drone et le récepteur.

### 3.3.4. Autonomie

Le drone doit être autonome, ce qui impose à la batterie embarquée d'être en capacité de fournir l'énergie nécessaire au fonctionnement de tous les composants pendant toute la durée de la plongée. De plus, l'autonomie doit être suffisamment grande pour permettre aux agents d'effectuer toutes les mesures nécessaires sans avoir à changer la batterie pendant une série de prélèvements.

Une autonomie variant entre une et deux heures est jugée satisfaisante par le client. Le client souhaite que les équipes réalisant les mesures (utilisant le drone) puissent avoir une autonomie de six-huit heures. Pour ce faire, il est nécessaire que les batteries du drone puissent être facilement changées.

Le poids de la batterie par rapport à l'autonomie est également un critère dont il faut tenir compte. En effet, si la charge supplémentaire entraîne une surconsommation trop importante et que l'énergie gagnée n'est finalement utilisée que pour déplacer la masse ajoutée, alors le bénéfice en termes de performances est nul. Trouver des composants qui ne consomment pas trop mais qui restent suffisamment performants est donc une tâche importante pour répondre au cahier des charges du client.

### 3.3.5. Divers

D'autres critères techniques sont en jeu, notamment en matière de maniabilité et de sécurité, mais dans le cadre de ce prototype, nous avons choisi de les ignorer. En effet, le besoin porte principalement sur la possibilité d'interfacer différents capteurs et d'effectuer des prélèvements en se positionnant avec une précision de l'ordre de 50cm, le tout pour un prix raisonnable. Lorsque ces prérequis seront établis, alors des recherches visant à améliorer les performances et l'ergonomie pourront être menées.

## 3.4. Opportunités

Pour nous, c'est l'occasion de s'immerger dans l'univers des drones aquatiques, milieu qui nous est encore inconnu. Ce projet nous permettra également d'élargir notre vision des possibilités qu'offre le marché actuel et d'imaginer des améliorations envisageables sur des solutions existantes. Le résultat d'une telle expérience nous permettra de mieux mesurer les enjeux d'un tel projet.

A cela on peut ajouter la réflexion sur l'architecture globale du système. Nous allons ainsi devoir concevoir un simulateur et un médium de communication entre ce-dernier et le drone. Il sera intéressant de concevoir les algorithmes de traitement des informations reçues pour faire face aux différents problèmes qui peuvent subvenir lors des mesures (signal GPS défaillant, communication retardée etc...).





La phase de développement nous permettra de développer un simulateur représentant le drone. Celui-ci permettra à l'équipe de se familiariser avec une plateforme de génération de données aléatoire. Une fois le développement du simulateur achevé, nous découvrirons le développement sur des systèmes embarqués. Le simulateur nous permettra également de réaliser des tests sur nos développements en faisant une totale abstraction du matériel. En réalisant la migration du simulateur vers le drone, nous aurons l'occasion de découvrir les contraintes liées aux changements d'environnements.

Tout ce cheminement nous donnera finalement l'opportunité de réaliser un projet dans son intégralité, de la conception de la solution à la livraison, en passant par la phase de test et de conception.



## 4. Choix du drone et des capteurs

### 4.1. Drone et Capteurs

Dans le cadre du projet, et en accord avec les besoins de l'ONEMA, nous avons arrêté notre décision sur un drone. Le BlueROV2 de la société « Blue Robotic ». Cette entreprise fournit une solution d'appareil clé en main et le drone possède une architecture logicielle et matérielle complètement open-source.



Concernant l'appareil, nous l'avons sélectionné en fonction de plusieurs critères :

- Open-source : L'architecture et le matériel sont open-source (GPLv3 pour la partie logiciel). Cela va nous permettre de configurer la solution selon les besoins de notre client.
- De 100m à 300m de câble : Cela va nous permettre de s'abstraire du problème de communication avec le drone.
- Pilote automatique : Grâce au module PixHawk, un système automatique de pilotage pourra être envisagé.
- Raspberry Pi : Son utilisation témoigne encore ici de l'architecture open-source utilisée.

Grâce au dernier composant cité, il est possible d'ajouter une grande quantité de modules. Parmi ceux-là, nous allons retrouver :

- Un capteur de température : Capteur simple qui permettra de faire des relevés de températures réguliers,
- Un capteur de pression : Cela permettra principalement d'obtenir un indicateur sur la profondeur du drone,
- Un accéléromètre + gyroscope : Ce module occupera une place importante dans notre architecture. Il sera détaillé dans le paragraphe suivant,
- Une puce GPS/GNSS/RTK : Afin de régler le problème de la précision dans la localisation nous avons opté pour un système de positionnement par RTK (Real Time Kinematic). Ce système sera décrit plus en détail dans le prochain paragraphe.



Afin que l'ONEMA puisse réaliser la commande du drone, nous avons réalisé le devis suivant :

Société	Dénomination	Coût (\$)	Coût (€)
Blue Robotics	<i>Transport Blue Robotics (BlueROV2)</i>	\$ 250,00	228,66 €
	BlueROV2 (Drone)	\$ 2 325,00	2 126,49 €
	+ Options: Advanced ROV Electronics Package	\$ 260,00	237,80 €
	+ Autopilot: 3DR Pixhawk	\$ 199,00	182,01 €
	+ Tether Length (m): 100 m (330 ft)	\$ 500,00	457,31 €
	+ Number of Lights: 2	\$ 199,00	182,01 €
	Spares kit	\$ 259,00	236,89 €
	Celsius Temperature Sensor (Capteur de température)	\$ 56,00	51,22 €
Emlid	<i>Transport DHL</i>	\$ 42,80	39,15 €
	REACH RTK KIT (GPS/GNSS/RTK)	\$ 590,00	539,63 €
Xbox	Xbox 360 Controller (Manette)	\$ 39,99	36,58 €
Hobby King	<i>Transport Fedex</i>	\$ 26,20	23,96 €
	Multistar High Capacity 4S 10000mAh Multi-Rotor Lipo Pack (Batterie)	\$ 84,93	77,68 €
Studio Sport	<i>Transport So Colissimo</i>	\$ 6,45	5,90 €
	Alimentation secteur DC 15V – SkyRC	\$ 21,76	19,90 €
	Chargeur SkyRC iMAX B6 Mini 60W	\$ 49,20	45,00 €
Amazon	Pompe à Vide	\$ 32,79	29,99 €
	Brucelle	\$ 1,47	1,34 €
	Frein Filet Loctite Bleu	\$ 10,61	9,70 €
	<b>Total TTC</b>	<b>\$ 4 954,19</b>	<b>4 531,20 €</b>

Tableau 2 - Devis

## 4.2. Positionnement

Comme cité dans la partie précédente, nous avons opté pour un système de positionnement via RTK (Real Time Kinematic). Cette solution habituellement très onéreuse est devenue plus accessible grâce à plusieurs offres de financement participatif. Nous avons ainsi trouvé une solution bon marché qui permettra de mettre en place cette technologie.

Le système RTK se définit principalement par l'utilisation de deux stations GPS. La première est stationnée sur un emplacement fixe et dont la position est la plus précise possible. La deuxième sera intégrée au drone et, lors des phases d'émergence du drone, se connectera à la station fixe pour obtenir des informations de correction sur la précision. Cela permettra d'obtenir une précision de l'ordre de quelques centimètres.

Ce système est représenté sur la Figure 1.

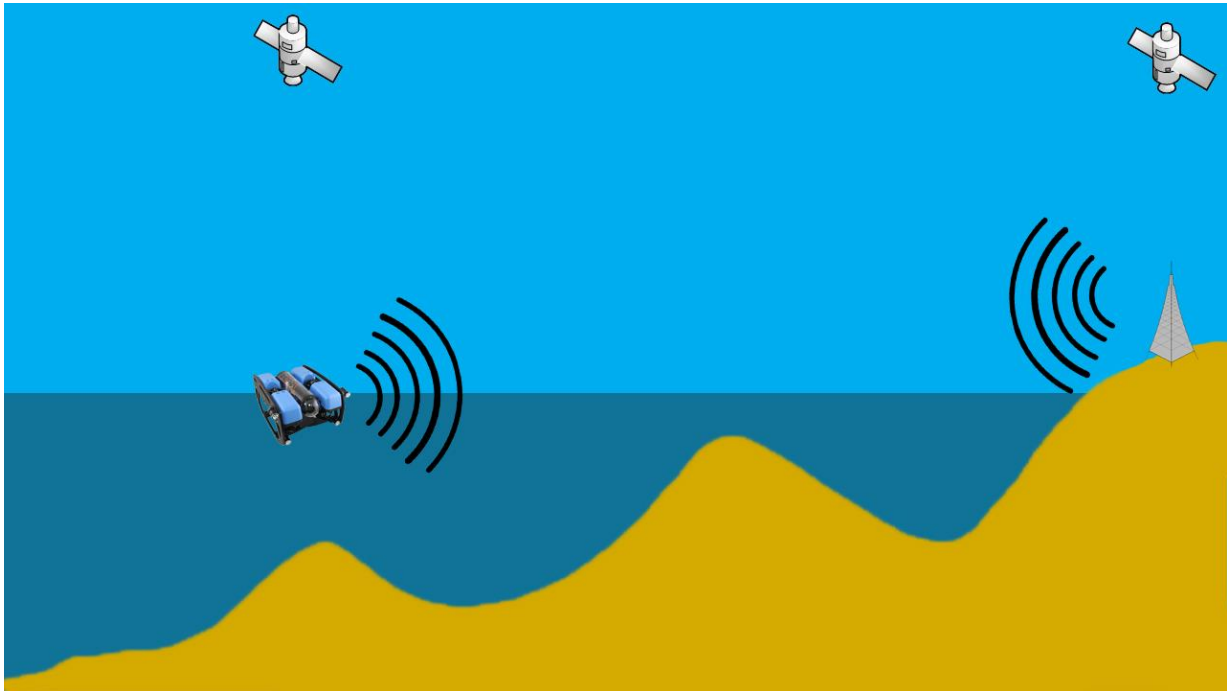


Figure 1 - Schématisation du modèle RTK

Cependant, un problème de taille persistait. Le signal GPS ne transite pas facilement (voire pas du tout) sous l'eau. Ainsi nous avons fait le choix de prendre un accéléromètre (accéléromètre/gyroscope/compas) embarqué dans le drone. Grâce au fait de connaître avec précision la position du drone avant sa phase d'immersion, il nous sera possible, au travers d'un algorithme développé par l'équipe, d'estimer la position de l'appareil lors des déplacements en milieu aquatique. Afin de corrélérer le calcul de position, l'algorithme de positionnement utilisera les relevés de profondeurs (capteur de pression). Cette corrélation permet d'anticiper la dérive ne pouvant être calculée par l'accéléromètre.

Le calcul de la position pendant la plongée est réalisé par l'accéléromètre. Le calcul prend comme référence, la position précédemment calculée. En début de plongée, la référence est la position GPS/RTK. Par la suite, c'est la position précédente calculée en fonction de l'accéléromètre qui permet de générer la position courante. Cela amène donc une problématique : la précision. Le calcul de précision via accéléromètre amène une certaine imprécision (en fonction des forces non perçues par les capteurs). Plus la plongée est longue, plus l'imprécision va s'amplifier. Il faut donc réduire au maximum cette imprécision en restreignant (autant que possible) la durée de la plongée.

### 4.3. Simulation

Lors d'une réunion avec nos professeurs encadrants, une suggestion nous a été faite. Dans le cas où un problème matériel ou d'interfaçage avec les logiciels embarqués venait à apparaître, il serait intéressant de développer un logiciel de simulation pour parer ces problèmes. C'est-à-dire, d'une part s'abstraire du drone physique et d'autre part, permettre de vérifier la cohérence de nos algorithmes de calculs de positions via un environnement simulé. Ainsi nous avons maintenant décidé d'ajouter ce logiciel de simulation à la liste des livrables du projet.



Après avoir étudié le fonctionnement du drone et sa façon de communiquer avec les postes de contrôle, nous avons dans un premier temps envisagé de développer un simulateur de type « sandbox » (qui recréerait un environnement et un drone virtuel), et par la suite avons déterminé que le plus judicieux serait d'émuler le flux de données qu'émet l'application de contrôle du drone: l'importance relative du simulateur par rapport au reste du projet ne justifie pas qu'on lui consacre trop de ressources.

Nous allons donc transmettre à l'application de traitement des données un flux respectant le protocole MAVLINK utilisé par le contrôleur du drone, en faisant attention à ce que son volume soit comparable à celui qu'il aurait dans le cas réel.

Ainsi nous pourrons évaluer la qualité et la précision de nos outils plus facilement que s'il fallait ne se servir que d'un drone physique. En outre, cela réduit les risques liés au dysfonctionnement du drone.



## 5. Description fonctionnelle

### 5.1. Acteurs

La définition des différents acteurs permet de cerner les différents éléments en interactions avec le drone et le système. Ces différents acteurs peuvent être humain, ou non.

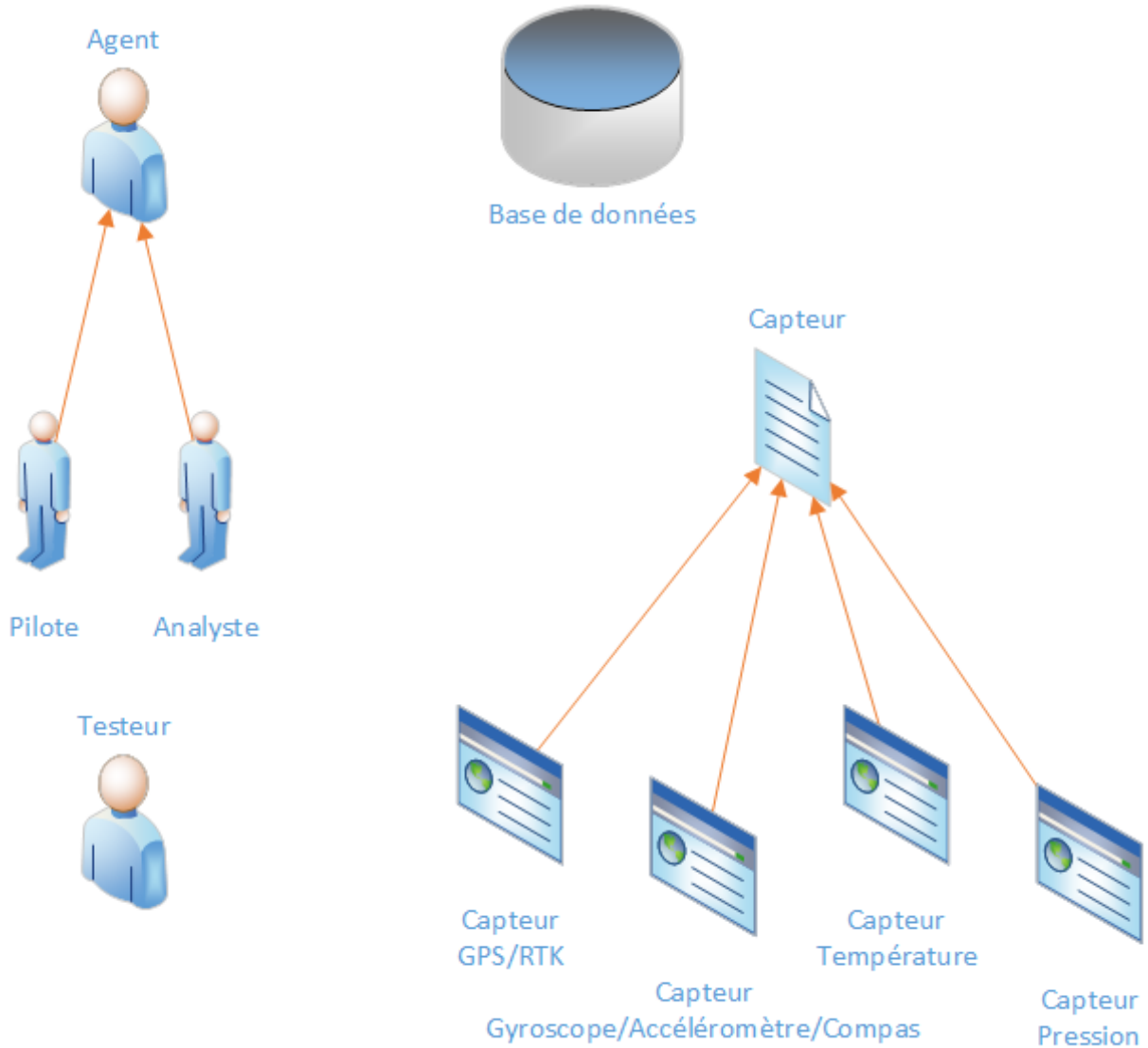
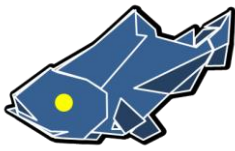


Figure 2 - Diagramme des acteurs

Les acteurs humains sont le pilote (du drone), l'analyste et le testeur. Les deux premiers acteurs peuvent être résumés au rôle d'agent. En effet, ils sont avant tout des agents de terrain, mais ils interagissent de manière différente avec le système. L'acteur testeur a uniquement vocation à tester et valider le bon fonctionnement des algorithmes de positionnement.



En revanche, les acteurs non-humains sont plus nombreux. Les différents capteurs (GPS/RTK, Gyroscope/Accéléromètre/Compas, Température et Pression) sont des acteurs importants. Ils représentent tout le système de mesure. L'ensemble de ces capteurs peut être résumé au rôle de capteur. En effet, ils font tous la même action : réaliser des mesures. Finalement, un autre acteur non-humain est présent : la base de données. Cette dernière permet de stocker l'historique des mesures et des positions, afin de réaliser un positionnement précis.

### 5.1.1. Agent

Comme défini précédemment, un agent représente à la fois le pilote du drone et l'analyste. Un analyste peut également être pilote. L'agent possèdera donc deux rôles différents, mais accèdera au système de la même manière. Les actions des deux rôles sont en revanche complètement différentes.

Le pilote a pour principale mission de diriger le drone. Il va donc s'assurer de la préparation de celui-ci avant la mise à l'eau. Une fois le drone préparé et inséré dans son environnement de mesure, le pilote doit le diriger. La direction du drone consiste à emmener le drone jusqu'aux différentes zones de mesure, puis le diriger dans la zone de relevé. Le pilote a à sa disposition un flux vidéo permettant de diriger le drone dans l'environnement marin. Ainsi, il peut piloter avec précision le drone.

L'analyste a la responsabilité de surveiller les mesures. Il a à disposition un affichage permettant de visualiser en direct les mesures réalisées. L'analyste doit s'assurer, au travers de l'affichage, que le temps de plongée n'est pas trop long (nota : plus la plongée est longue, plus la précision de la position est faible – cf. 4.2 Positionnement). Il interagit avec le système en lançant et stoppant la réalisation des mesures (uniquement la température dans le cadre du POC).

Les agents, analyste et pilote, sont en réalité des gardes pêches. Actuellement, ils ont des protocoles de mesures spécifiques et contraignants. Au vu du nouvel outil qu'est le drone, de nouveaux protocoles seront à mettre en place. Il est donc impératif de prévoir un plan de formation de ses utilisateurs. La réalisation d'un POC permet de déléguer cette responsabilité à l'ONEMA.

### 5.1.2. Testeur

L'acteur « testeur » est le plus particulier. Celui-ci ne fait pas partie des utilisateurs finaux de l'application (le système). En revanche, celui-ci est le responsable de toute la partie manipulation du simulateur.

Cet acteur est essentiel au développement du système. En réalisant les différentes simulations, le testeur s'assure du bon fonctionnement des algorithmes développés. Les tests des algorithmes ont pour principal objectif de s'assurer que la position calculée corresponde bien à la position réelle du drone. Il est inutile de faire exécuter les tests (nota : exécuter la simulation) par les utilisateurs finaux (le pilote et l'analyste). Ce simulateur ne doit être exécuté que par les personnes en charge de la conception du drone et de son environnement.



### 5.1.3. Capteur

L'acteur logique capteur est essentiel à notre système. Sans celui-ci, aucune mesure ne serait réalisée. C'est pour cette raison que cet acteur regroupe en réalité tous les capteurs que l'équipe projet va intégrer au drone. Chaque capteur doit réaliser des mesures. Ces mesures sont réalisées quand le système les demande. Le capteur doit donc être prêt à tout moment pour répondre à une sollicitation du système.

Les différents capteurs intégrés au drone sont les suivants :

- GPS/GNSS/RTK (dans le cas de ce capteur, le terme « mesure » doit être remplacé par « position »)
- Accéléromètre/Gyroscope/Compas
- Capteur de température
- Capteur de pression.

Pour économiser en énergie et gagner en autonomie, les demandes de relevés sont découpées en deux catégories : en continu et à la demande. Le GPS, l'accéléromètre et le capteur de pression rentrent dans la catégorie des capteurs continu. Le drone doit pouvoir être positionné à tout instant dans l'espace aquatique. Il est donc impératif de connaître la dernière position. En revanche, les capteurs de température et de pression seront utilisés à la demande. Obtenir des relevés de mesure en continu, comme pour les capteurs de positionnement, est inutile. Le client souhaite obtenir une mesure tous les 50 cm, inutile d'être plus précis.

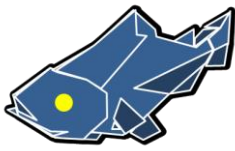
### 5.1.4. Base de Données

Au premier abord, il pourrait sembler que la base de données n'a pas un rôle important. En réalité, celle-ci est essentielle au bon fonctionnement de notre système. La base de données permet de stocker le couple d'éléments position/mesures. Le composant de stockage est uniquement présent sur les stations de supervision et de contrôle.

La base de données se place dans un rôle de support. Elle n'est utilisée que lors de la réception de données de la part du drone. Celles-ci sont ensuite visualisées en direct (nota : lorsque le drone se déplace de 50 cm). Cependant, la base de données des agents a un rôle important : le recalibrage de la position. A la fin de la plongée, le drone récupère la position GPS/RTK (il possède donc une référence « précise »). Le recalcul de toutes les positions de plongée est donc obligatoire. Cette action n'est pas réalisée par le drone, mais par les stations agents. C'est donc de la responsabilité de la base de données.

La base de données est également utilisée pour calculer la position du drone. Elle stocke la position précédente. Cette dernière permet de calculer la nouvelle position du drone (nota : lorsque le signal GPS/RTK est absent, c'est-à-dire lorsque le drone est en plongée). Il est donc essentiel de garder un historique de toutes les positions, afin de connaître la position courante. Lors de l'obtention du signal de référence en sortie de plongée (nota : le signal GPS/RTK), le drone doit calculer l'écart entre la prédiction et la réalité. Ce calcul permet d'avoir une référence sur les fluctuations de l'environnement. Tous ces calculs sont relégués à la station cliente. C'est donc pour cette raison que le drone envoie toutes les informations en provenance de ses capteurs aux stations de contrôle et supervision. Ainsi, il n'est pas nécessaire d'implémenter un système de stockage des positions au sein du drone.





### 5.2. Système

Le cœur de notre système est purement abstrait. Il s'agit de la partie que nous ne codons pas (ou très peu), c'est à dire les fonctionnalités de déplacement du drone et de récupération des données que mesurent les capteurs. Cependant, en plus de ces fonctionnalités hébergées sur le Raspberry Pi, nous avons le drone. Ce dernier fait partie intégrante du système, n'ayant pas de réelle interaction avec le cœur de celui-ci.

Autour du système, nous avons beaucoup de contraintes techniques. En effet, comme nous devons créer une solution qui doit fonctionner sur tout type d'architecture matérielle, il nous faut émuler cette dernière. Néanmoins, émuler tout le drone ne sert à rien, il nous suffit de virtualiser les composants importants. Donc nous allons mettre en place un simulateur qui se substituera à nos capteurs (pour la prise de mesure et l'envoi de données) et à notre système GPS/accéléromètre (pour l'acquisition et l'envoi de la position), ce qui permettra, d'une part, de s'abstraire de l'architecture matérielle et, d'autre part, de nous libérer de la contrainte d'un drone fonctionnel pour tester nos fonctionnalités une fois implémentées.

Au niveau algorithmique, nous allons mettre en place un algorithme de localisation qui sera au cœur de notre système. L'autre partie de ce dernier sera la récupération des données. Celle-ci traitera les données avant de les envoyer à la station de contrôle.

Concernant les interactions entre le système et les acteurs, deux cas ont été définis : la simulation et le drone. Cette séparation permet de mieux appréhender et comprendre le fonctionnement du système devant être développé.

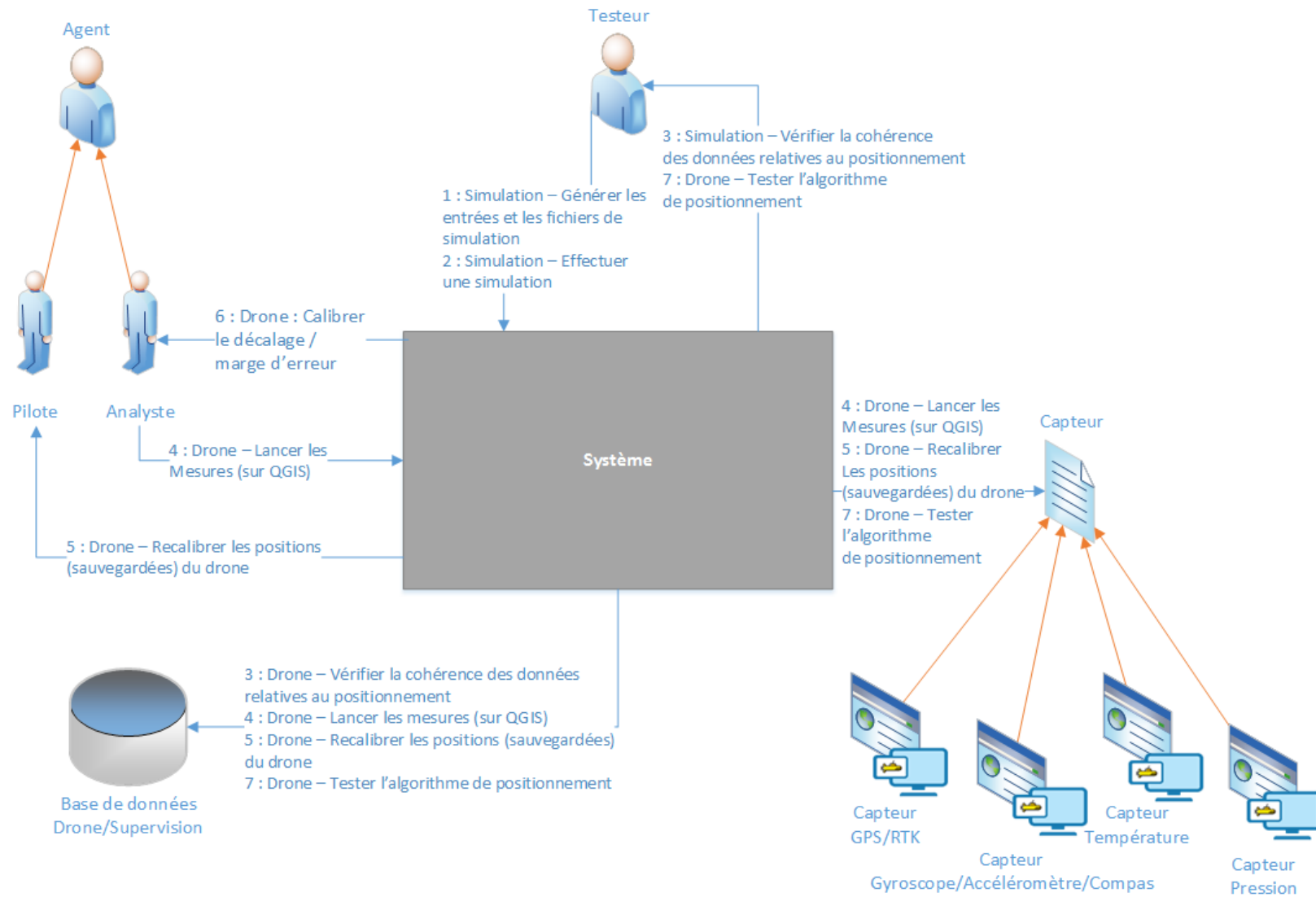
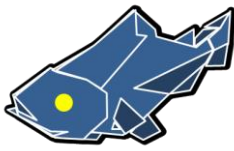


Figure 3 - Diagramme d'interaction générale relatif à la simulation et au drone



La Figure 3 représente le diagramme des acteurs en interactions avec le système. Il prend en compte les interactions au niveau des situations sur le terrain, mais également celles avec le simulateur (pour la simulation).

### 5.2.1. Au niveau du simulateur

Dans ce diagramme, pour les cas d'utilisation 1 à 3 (relatifs au simulateur), l'appellation « Système » désigne le simulateur qui émule le comportement du drone et des capteurs, à savoir le déplacement et la génération de mesures.

La simulation est réalisée au travers de différents simulateurs. Ceux-ci représentent en réalité les différents capteurs. Ainsi, les cas d'utilisations du simulateur concernent uniquement ces derniers. Ils seront utilisés à des fins de test. Par conséquent, les équipes de développement seront les seuls à les utiliser. Ces simulateurs feront donc office de jeux de tests pour les cas d'utilisation non simulés (nota : les cas d'utilisation directement intégrés au drone).

Les utilisateurs du simulateur (les testeurs) devront pouvoir interagir avec celui-ci pour réaliser les actions suivantes :

- L'utilisateur crée un fichier avec les positions réelles du drone et l'importe dans le système. A la fin des traitements réalisés sur le fichier par le système, ce dernier renvoie un fichier contenant les résultats de la simulation, c'est-à-dire les informations attendues de la part du capteur dans une situation réelle.
  - o Cas d'utilisation : UC-1
- L'utilisateur charge une simulation qu'il aura préalablement créée avec l'UC-1, puis finit de configurer la simulation avant de la lancer. Ensuite, il reçoit une notification lui disant que la simulation a démarré, et est notifié à la fin de celle-ci avec le temps écoulé depuis le lancement.
  - o Cas d'utilisation : UC-2
- L'utilisateur demande la génération d'un fichier de vérification pour une simulation donnée. A la fin, il obtient un compte rendu comparant les données calculées avec les données attendues.
  - o Cas d'utilisation : UC-3

### 5.2.2. Sur le terrain

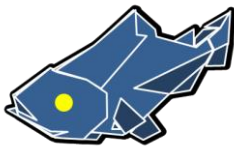
Dans ce diagramme, pour tous les cas d'utilisation 4 à 7 (relatifs aux mesures sur le terrain ou aux tests d'algorithmes), l'appellation « Système » désigne le système tel que décrit en introduction de cette partie, c'est-à-dire le drone et le Raspberry Pi.

Le drone sera utilisé lors des sorties sur le terrain, afin de réaliser des relevés. Il y aura donc deux types d'utilisateurs qui interagiront avec lui : les analystes et les pilotes. Ce sont tous les deux des agents de l'ONEMA, mais avec des rôles différents.

Une troisième personne, le testeur, interagit également avec le drone, mais c'est un cas à part.

Tout d'abord, nous avons le pilote, qui participe à une seule interaction avec le système pour mener à bien les missions sur le terrain :

- Le pilote sort le drone de l'eau. Il reçoit la mise à jour des positions faite par le système et visualise les données ainsi modifiées dans QGIS.
  - o Cas d'utilisation : UC-5



Ensuite, nous avons l'analyste, qui participe à deux interactions avec le système pour mener une nouvelle fois à bien les missions sur le terrain :

- L'analyste démarre une série de mesures pour un capteur. Il est notifié du démarrage de l'enregistrement et reçoit un visuel sur ces mesures. Enfin, quand il demande l'arrêt des mesures, l'IHM lui affiche que celles-ci sont bien arrêtées et il peut visualiser les registres du déroulement des mesures.
  - o Cas d'utilisation : UC-4
- L'analyste ouvre la console de paramètre, puis saisit les nouvelles valeurs de puissance du courant exercés par le milieu et les valide. Il reçoit une notification de succès quand le système a mis à jour son algorithme de positionnement.
  - o Cas d'utilisation : UC-6

Le testeur, quant à lui, interagit avec le système pour tester le fonctionnement des algorithmes et ne s'inscrit donc pas dans les missions de l'ONEMA :

- Le testeur doit définir un trajet, le parcourir en portant le drone et récupérer les données enregistrées par les différents capteurs. A la fin, il doit lancer l'algorithme avec l'ensemble des données de positionnement (GPS d'un côté et accéléromètre/pression de l'autre) qu'il a reçues.
  - o Cas d'utilisation : UC-7

En plus de nos agents et du testeur, nous avons une base de données et des capteurs qui interviennent pour que les sorties sur le terrain soient productives. Ils ont des rôles qui leurs sont propres.

Sur le terrain, les capteurs ont des missions précises :

- Ils doivent renvoyer leur valeur au système pour qu'il puisse calculer la position estimée du drone, ou pour agréger cette position à une mesure afin que le système l'enregistre en base.
  - o Cas d'utilisation : UC-4
- Ils donnent la position actuelle au système avant la plongée, puis le refont quand le système est remonté à la surface.
  - o Cas d'utilisation : UC-5
- Ils envoient leurs valeurs au système pour tester des algorithmes de positionnement
  - o Cas d'utilisation : UC-7

Quant à la base de données, elle a un rôle bien spécifique :

- Elle doit fournir au système les positions successives enregistrées, dans l'ordre chronologique.
  - o Cas d'utilisation : UC-3
- Elle reçoit les données que lui envoie le système.
  - o Cas d'utilisation : UC-4
- Elle réalise les mêmes actions que dans l'UC-4, puis elle fournit au système les différentes positions relevées lors de la plongée. Une fois les traitements du système effectués, il vient mettre à jour les positions dans cette base.
  - o Cas d'utilisation : UC-5
- Elle sauvegarde les données renvoyées au système par les capteurs
  - o Cas d'utilisation : UC-7



### 5.3. Objets du domaine

Pour que notre système fonctionne, il est nécessaire que deux personnes l'utilisent simultanément : l'analyste et le contrôleur. C'est une condition nécessaire pour pouvoir réaliser la mission avec succès.

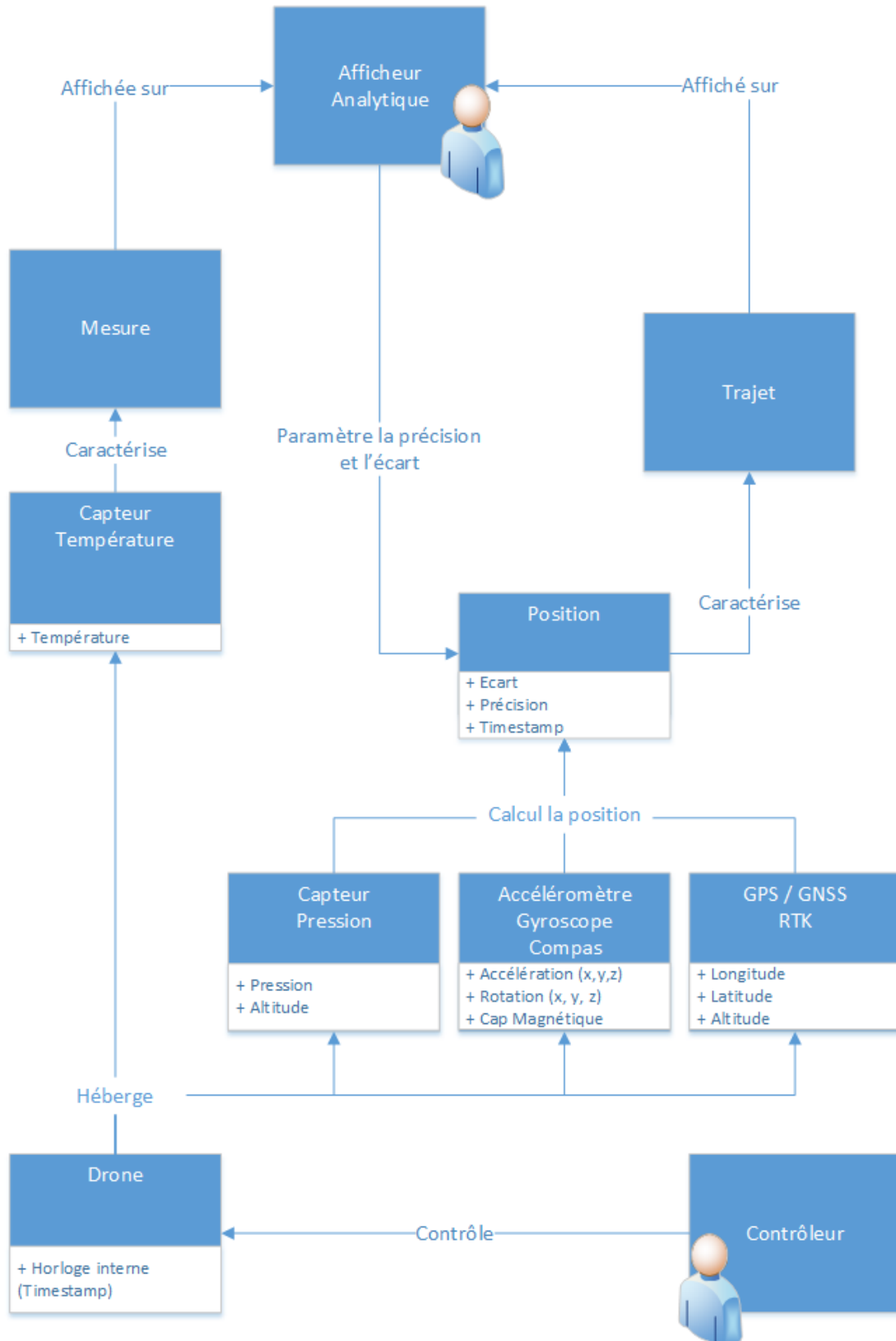
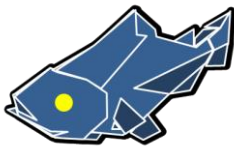


Figure 4 - Modélisation des objets du domaine



Le schéma précédent représente les différents objets du domaine. C'est-à-dire que chaque élément présent est en réalité un composant physique ou logique avec lequel le système va interagir.

Dans notre système, deux objets sont importants : l'objet mesure et l'objet position. La réalisation de mesure grâce au drone est l'objectif principal du projet. C'est donc pour cette raison que cet objet est au cœur du système. Le second objet étant au cœur du système, à savoir la position, permet de positionner une mesure dans l'espace. Cet objet est essentiel au projet. Sans précision satisfaisante (50 cm de précision), les mesures n'ont pas lieu d'être.

Les différents objets de notre système sont les suivants :

- **Mesure** : Objet représentant un relevé réalisé par des capteurs. Les relevés sont également caractérisés par une position.
- **Capteur de température** : Élément permettant de réaliser les mesures de températures. Dans le cadre du POC, cet objet permet de prouver que la réalisation de mesure avec une précision importante est possible.
- **Afficheur/Analytique** : Objet représentant l'interface d'affichage des mesures. Cette interface affiche les mesures réalisées sur un fond de carte.
- **Position** : Information caractérisant l'emplacement du drone dans l'espace. Cette position permet de situer le drone dans l'espace à un instant précis. Cette position permet également de placer une mesure dans l'espace.
- **Trajet** : Élément caractérisant l'ensemble des positions parcourus par le drone durant une plongée. Cette information permet de positionner le drone dans son espace, sans posséder de position GPS. À tout moment, le drone peut obtenir sa nouvelle position en fonction du trajet qu'il a réalisé.
- **Capteur de pression** : Objet représentant le capteur mesurant la pression entourant le drone. Cette mesure est l'une des références permettant de positionner le drone en plongée.
- **Accéléromètre/Gyroscope/Compas** : Composant représentant le capteur d'inclinaison et de mouvement du drone. Cet objet est essentiel au positionnement du drone lorsque celui-ci est en plongée.
- **GPS/GNSS/RTK** : Élément représentant le capteur permettant d'obtenir le point de référence avant et après plongée : le GPS/RTK. Sans cet objet, et la référence qu'il fournit, le positionnement du drone et des mesures ne pourrait pas répondre à la contrainte de précision émise par l'ONEMA.
- **Drone** : Élément physique représentant le drone aquatique. Cet objet héberge les différents capteurs, le système de communication, le module vidéo et les moteurs. C'est cet élément que le contrôleur va diriger. (*Objet déjà existant et hors de notre système*)
- **Contrôleur** : Interface permettant de piloter le drone. Cette interface permet de visualiser le flux vidéo du drone, mais également de diriger le drone vers les zones à analyser. (*Objet déjà existant et hors de notre système*)



## 5.4. Cas d'utilisation

### 5.4.1. Simulation : Générer les entrées et les fichiers de simulation

Identifiant : 1

Type : Primaire

Acteurs :

- Principal : Testeur

**Résumé :** Avant de réaliser la simulation, il est nécessaire de générer la configuration et le déroulement de la simulation. Le testeur fournit à l'application un fichier contenant les positions réelles du drone, et le système fournit en sortie les différentes informations que devraient fournir les capteurs dans une situation réel.

**Précondition :** Le testeur possède le fichier d'entrée\* (ou est en mesure de le créer).

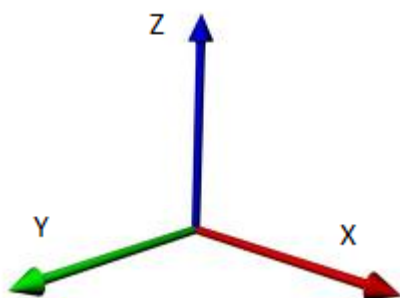
Scénario nominal :

Testeur	Système (simulateur)
1) Créé le fichier d'entrée*	
2) Importe le fichier dans le système	
	3) Génère le fichier de sortie*
	3) Communique le fichier de sortie au testeur

Tableau 3 - UC 1

\*Fichiers :

Les fichiers sont décrits par un tableau. Chaque ligne correspond à une valeur. Chaque valeur est séparée par une virgule (,) suivis d'un espace ( ). Les valeurs possédant des décimales utilisent le point (.) comme séparateur entier/décimales.



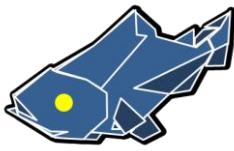
Description des axes pour la position relative au drone (pour les capteurs) :

- X : Direction du drone
- Y : Translation latérale du drone
- Z : Translation verticale du drone

Fichier d'entrée (CSV) :

Champ	Description
Timestamp	Identifiant dans le temps. Dans le cadre de la simulation, le champ est incrémenté de 1 à chaque ligne.
Latitude	Position transversale du drone par rapport au référentiel WSG84
Longitude	Position longitudinale du drone par rapport au référentiel WSG84
Altitude	Altitude du drone en mètre par rapport au niveau de la mer
Cap	Cap magnétique du drone (orientation)
Mesure 1 (température)	Température mesurée en degré Celsius

Tableau 4 - UC 1 : fichier d'entrée



**Exemple :** 1, 33.654533, -1.3547486, -2.5, 258, 16.9

**Fichier de sortie (CSV) :**

Champ	Description
Timestamp	Identifiant dans le temps. Dans le cadre de la simulation, le champ est incrémenté de 1 à chaque ligne. (Identique au fichier d'entrée)
GPS longitude	Position longitudinale fournie par le GPS (en surface – début et fin de plongée)
GPS latitude	Position transversale fournie par le GPS (en surface – début et fin de plongée)
GPS altitude	Altitude fournie par le GPS (en surface – début et fin de plongée)
Accélération X	Accélération (translation) sur l'axe X (mg - accélération)
Accélération Y	Accélération (translation) sur l'axe Y (mg - accélération)
Accélération Z	Accélération (translation) sur l'axe Z (mg - accélération)
Rotation X	Vitesse de rotation sur l'axe X (millirad /sec)
Rotation Y	Vitesse de rotation sur l'axe Y (millirad /sec)
Rotation Z	Vitesse de rotation sur l'axe Z (millirad /sec)
Cap X	Orientation magnétique du capteur (sens du drone) sur l'axe X par rapport au Nord magnétique (milli tesla).
Cap Y	Orientation magnétique du capteur (sens du drone) sur l'axe Y par rapport au Nord magnétique (milli tesla).
Cap Z	Orientation magnétique du capteur (sens du drone) sur l'axe Z par rapport au Nord magnétique (milli tesla).
Pression	Pression Absolue mesurée (hectopascal)
Mesure 1 (température)	Température mesurée en degré Celsius (identique au fichier d'entrée)
Latitude	Position transversale du drone par rapport au référentiel WSG84 (identique au fichier d'entrée)
Longitude	Position longitudinale du drone par rapport au référentiel WSG84 (Identique au fichier d'entrée)
Altitude	Altitude du drone en mètre par rapport au niveau de la mer (Identique au fichier d'entrée)
Cap réel	Cap magnétique du drone (orientation) (identique au fichier d'entrée)

Tableau 5 - UC 1 : fichier de sortie

**Exemple :** 1, 33.654533, -1.3547486, -2.5, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 25, 25, 0, 1015.50, 16.9, 33.654533, -1.3547486, -2.5, 258

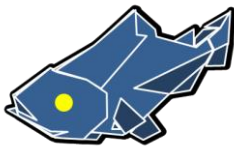
**Post-condition :** Le simulateur est capable de lire les données du fichier et d'en déduire des informations.

**Scénario d'erreur :** Le simulateur n'arrive pas à lire le fichier :

- Vérifier la syntaxe du fichier en entrée

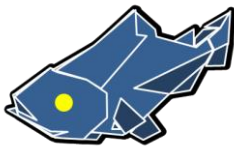
**Fréquence :** Régulier





## Fonction qualité mesure :

Fonctionnalité	Qualité	Mesure	Priorité
Lecture du fichier d'entrée	Rapidité	Les données sont lues suffisamment rapidement pour simuler les données envoyées de la manière la plus réelle possible	Très Important
	Fiabilité	Le fichier est entièrement lisible et interprétable par le simulateur. Les données des capteurs correspondent à un positionnement réel (nota : que le drone peut calculer)	Très Important



### 5.4.2. Simulation : Effectuer une simulation

**Identifiant** : 2

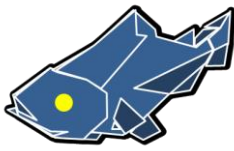
**Type** : Primaire

**Acteurs** :

- **Principal** : Testeur

**Résumé** : Le testeur charge une simulation puis l'exécute. Le système simule alors le fonctionnement du drone et des capteurs pour les transmettre à l'application. Cette simulation permet de vérifier le bon fonctionnement des différents algorithmes de l'application.

**Précondition** : UC-1 Simulation : générer les entrées et les fichiers de simulations / posséder un export d'une situation réelle (au format du fichier de sortie de l'UC-1).

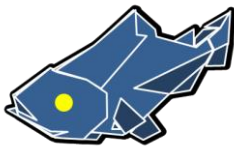


## Scénario nominal :

Testeur	Système (Simulation)	Système (Application)
1) Le testeur charge le fichier relatif à la simulation (cf. UC-1 Générer les entrées et le fichier de simulation)		
2) Le testeur paramètre la vitesse d'exécution (nombre de messages par seconde)		
3) Le testeur définit le seuil d'erreurs autorisées		
4) Le testeur définit l'algorithme de positionnement à utiliser		
5) Le testeur définit un nom pour la simulation à réaliser ( <i>optionnel</i> )		
	6) Le système affiche un récapitulatif des données saisies (données saisies de 1 à 5, le nombre de positions, de mesures, le temps estimé de simulation)	
7) Le testeur valide la simulation		
	8) Le système notifie du démarrage de la simulation	
	9) Le système parcourt les fichiers (positions et mesures)	
	9a) Pour chaque entrée, le système génère un message MAVLink (s'il n'y a que la position, seul le message de positionnement est généré, sinon un message avec la mesure est généré en plus)	
	9b) Le système envoie le(s) message(s) MAVLink à l'application	
		10) L'application calcule la position et l'associe à une mesure (si une mesure est envoyée) – UC-4 Réaliser des mesures (sur QGIS)
	11) Le système indique la fin de la simulation au testeur	
	11a) Le temps écoulé est affiché au testeur	

Tableau 6 - UC 2

**Post condition :** La simulation est terminée. Un indice de cohérence des données obtenues via l'algorithme de positionnement est donné ainsi que les informations de l'environnement dans un fichier de logs.



## Scénarii d'erreur :

- Les paramètres sont invalides
  - o Le pilote doit modifier les valeurs de paramétrage
- Les mesures ne sont pas cohérentes
  - o Vérifier le paramétrage de la simulation
- La position n'est pas en adéquation avec le déplacement réalisé
  - o Vérifier le paramétrage des aléas sur le simulateur
- Le rapport n'est pas généré
  - o Vérifier que des déplacements/mesures ont été réalisés dans le simulateur

Si le problème persiste, c'est un cas critique, cela signifie que la simulation n'est pas opérationnelle.

**Fréquence :** Régulier

## Fonction Qualité Mesure :

Fonctionnalité	Qualité	Mesure	Priorité
<b>Charger la simulation</b>	Ergonomie	L'interface de paramétrage doit être intuitive (épurée, pas de menu caché, avec des explications) et complète.	Très Important
<b>Lancer et Arrêter la simulation</b>	Fiabilité	La simulation générée doit représenter une situation réelle. La simulation doit réaliser toute les instructions paramétrées et dans l'ordre décrit.	Très Important
	Ergonomie	Interface de lancement (et d'arrêt) intuitive (pas trop d'options – le strict minimum) et simple d'utilisation	Important
<b>Générer des flux MAVLINK</b>	Fiabilité	Le système ne génère que des messages MAVLINK valides. Ces messages doivent pouvoir être envoyés par le drone.	Très Important
	Rapidité	Le traitement d'une ligne de simulation (nota : une position/mesure) doit être réalisé en moins de 0,05s	Très Important



## 5.4.3. Simulation : Vérifier la cohérence des données relatives au positionnement

Identifiant : 3

Type : Primaire

Acteurs :

- **Principal** : Testeur

**Résumé** : Après la simulation d'une sortie et le traitement du flux simulé par l'application qui calcule les positions, le simulateur vérifie la cohérence des résultats et récapitule son analyse dans un fichier.

**Précondition** : Un jeu de données pour le simulateur doit avoir été généré (cf. UC-1 - Simulation : Générer les entrées et les fichiers de simulation), et une simulation de déplacement du drone utilisant ces données doit avoir été effectuée (cf. UC 1 – 5.4.2 Simulation : Effectuer une simulation).

Scénario nominal :

Testeur	Système (simulateur)	Base de données
1) Demande au simulateur de générer un fichier de vérification pour une simulation choisie		
	2) Demande à la base les positions successives calculées et le moment auquel elles correspondent	
		3) Fournit au simulateur les positions stockées et leurs timestamp dans l'ordre chronologique
	4) Compare, au fur et à mesure qu'il les reçoit, les données stockées en base avec celles du fichier ayant permis de réaliser la simulation, en se servant de la timestamp pour comparer deux lignes	
	5) Calcule différents indicateurs statistiques sur les jeux de données (voir post condition)	
	6) Ecrit dans un fichier texte le compte-rendu de la comparaison	
	7) Informe le testeur que le compte rendu est consultable et transmet le chemin physique	

Tableau 7 - UC 3

**Post condition** : Le testeur dispose d'un fichier récapitulatif le jeu de données concerné, l'algorithme de calcul utilisé, le seuil d'erreur autorisé et différents indicateurs statistiques.



Les indicateurs fournis concernant les erreurs seront la moyenne, l'écart-type et l'étendue, selon les trois axes de coordonnées (X, Y, Z) et en distance (combinaison des trois axes). Le fichier contiendra aussi le nombre de points pour lesquels l'erreur de position est plus grande que le seuil autorisé. Les entrées (lignes du fichier de simulation), ainsi que les entrées dans la base de données relatives aux erreurs seront également intégrées au rapport.

### Scénario d'erreurs :

- Aucune donnée n'est disponible en base concernant le fichier de simulation spécifié
  - o Le tester doit vérifier que la simulation a bien été effectuée et s'est terminée sans erreurs
- Le simulateur n'arrive pas à créer sur le disque le compte-rendu
  - o Vérifier les droits d'écritures sur le dossier
  - o Vérifier qu'il reste de la place sur le disque

### Fonction Qualité Mesure :

Fonctionnalité	Qualité	Mesure	Priorité
Vérifier les mesures	Rapidité	La génération du fichier doit se faire dans un temps raisonnable par rapport au volume traité	Important
	Fiabilité	Les indicateurs calculés sont exacts	Crucial
	Clarté	Le fichier généré doit permettre de comprendre rapidement la fiabilité de l'algorithme utilisé.	Très Important



**5.4.4. Drone : Réaliser des mesures (sur QGis)**

**Identifiant :** 4

**Type :** primaire

**Acteurs :**

- **Principal :** Analyste
- **Concerné :** Tous les capteurs

**Résumé :** Action permettant de démarrer une série de mesures sur QGis.

**Préconditions :** Le drone doit être démarré.

**Scénario nominal :**

Agent	Système	Capteurs	Accéléromètre	Base de données
1)Démarré l'enregistrement				
	2)Informe l'utilisateur que les données sont en cours d'enregistrement			
	3)Demande la position du drone			
			4)Utilise les valeurs de l'accéléromètre pour émettre une position approximative	
	5)Le drone utilise l'algorithme de positionnement pour estimer son emplacement			
	6)Demande les mesures aux capteurs			
		7)Le capteur transmet les mesures		
	8)Le drone transmet les mesures à la station client			
				9)Les données sont ajoutées en base
	10)Une modification en base entraine le dessin de la			



	nouvelle géométrie sur le canevas			
	11)Itération des étapes 3 à 10 jusqu'à l'arrêt des mesures			
12)Demande la fin des mesure				
	13)Arrêt des enregistrements			
	14)Un fichier de logs est créé (cf. format de sortie de l'UC-1)			
	15)Affichage sur l'interface de l'arrêt effectif de la mesure			

Tableau 8 - UC 4

**Post-condition** : Les données des différents capteurs sont affichées sur la canevas. Les valeurs des mesures sont stockées dans la BDD PostGIS. Plusieurs champs y sont indiqués (type de données, valeur, position, géométrie). Un fichier de logs sera créé et permettra de voir les actions réalisées par l'utilisateur et le drone.

### Scénarii d'erreur :

- Le drone et la station graphique ne communiquent pas
  - o L'analyste doit vérifier que le drone est en fonctionnement
  - o L'analyste doit vérifier que la connexion entre le drone et la station de commande est effective et que le drone reçoit bien les informations.
  - o L'analyste doit vérifier que l'espace de stockage sur la station de supervision est suffisant

Si le problème persiste, c'est un cas critique, cela signifie que la communication entre les stations et le drone n'est plus opérationnelle (ou que le système ne fonctionne plus).

- Le drone n'arrive pas à récupérer des mesures
  - o L'analyste doit vérifier que le drone est allumé
  - o L'analyste doit vérifier que la connexion entre le drone et la station de commande est effective et que le drone est bien capable de transmettre les données.
- Aucune mesure n'est envoyée
  - o Vérifier que le drone s'est déplacé et n'est pas resté sur sa position.

Si le problème persiste, c'est un cas critique, cela signifie que la communication entre les stations et le drone n'est plus opérationnelle (ou que le système ne fonctionne plus).





- Le drone et la station graphique ne communiquent pas
  - o L'analyste doit vérifier que le drone est en fonctionnement
  - o L'analyste doit vérifier que la connexion entre le drone et la station de commande est effective et que le drone reçoit bien les informations.
  - o L'analyste doit vérifier que l'espace de stockage sur la station de supervision est suffisant

Si le problème persiste, c'est un cas critique, cela signifie que la communication entre les stations et le drone n'est plus opérationnelle (ou que le système ne fonctionne plus).

**Fréquence :** Très Fréquent

**Fonction Qualité Mesure :**

Fonctionnalité	Qualité	Mesure	Priorité
<b>Démarrer les mesures</b>	Sécurité	Seul l'analyste peut démarrer les mesures	Important
	Ergonomie	Comprendre rapidement que les données sont en cours d'acquisitions. Savoir comment interrompre rapidement les mesures.	Très Important
<b>Les mesures sont récupérées et envoyées</b>	Ergonomie	Interface d'affichage des données ergonomique	Très Important
	Fiabilité	Les données récupérées et transmises sont correctes (pas d'erreur de manipulation)	Très Important
	Délais	Le temps de traitement et d'envoi doit être inférieur à 2s	Important
<b>Les mesures sont récupérées et envoyées</b>	Ergonomie	Interface d'affichage des données ergonomique	Très Important
	Fiabilité	Les données récupérées et transmises sont correctes (pas d'erreur de manipulation)	Très Important
	Délais	Le temps de traitement et d'envoi doit être inférieur à 2s	Important
<b>Arrêter les mesures</b>	Sécurité	Seul l'analyste peut arrêter les mesures	Important
	Ergonomie	Interface de saisie intuitive et simple d'utilisation	Très Important
	Fiabilité	Aucune perte de données entre l'activation et l'arrêt des mesures ne doit avoir lieu	Très Important



### 5.4.5. Drone : Recalibrer les positions (sauvegardées) du drone

Identifiant : 5

Type : primaire

Acteurs :

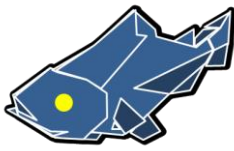
- **Principal** : Pilote
- **Concerné** : Capteur GPS/GNSS/RTK et Base de données

**Résumé** : Action permettant au drone de corriger les données de localisation calculées au cours d'une plongée, en utilisant les données GPS acquises lors d'une immersion. Les positions calculées par les capteurs (autre que le GPS) sont recalibrées pour prendre en compte le courant de l'eau.

**Préconditions** : Le drone est à la surface. Il a obtenu un signal GPS/RTK fiable.

Scénario nominal :

Pilote (Agent)	Système	GPS/RTK	Base de données (Positions)
	1) Demande l'acquisition de la position précise (GPS/RTK)		
		2) Fournit au Système la position	
3) UC-4 Drone : Réaliser des mesures (sur QGis)			
4) Sort le drone de l'eau (via le contrôleur) [HORS SYSTEME]			
	5) Demande l'acquisition de la position précise (GPS/RTK)		
		6) Fournit au Système la position	
	7) Demande l'historique des positions à la base de données		
			8) Fournit au système les positions stockées relatives à la plongée venant d'être réalisée
	9) Calcule les corrections en fonction du décalage*.		
	10) Met à jour les positions stockées en base de données		
	11) Met à jour le décalage pré-calculé (UC-6)		



	12) Met à jour l'affichage QGis de l'utilisateur		
--	--------------------------------------------------	--	--

Tableau 9 - UC 5

\***décalage** : différence de position entre la position obtenue par le GPS/RTK et la position calculée via l'accéléromètre/gyroscope/compas.

**Post-condition** : Le drone a recalibré toutes les positions

**Scénario d'erreur :**

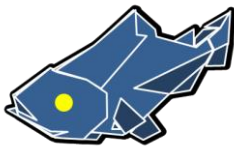
- Le drone n'arrive pas à recalibrer sa position
  - o L'analyste doit vérifier que le drone a bien réalisé des mesures.
- Le drone n'envoie aucune données
  - o L'analyste doit vérifier que la station de supervision et le drone sont connectés.

Si le problème persiste, c'est un cas critique, cela signifie que la communication entre les stations et le drone n'est plus opérationnelle (ou que le système ne fonctionne plus).

**Fréquence** : régulier

**Fonction Qualité Mesure :**

Fonctionnalité	Qualité	Mesure	Priorité
Saisit la position à atteindre	Ergonomie	Interface de saisie intuitive et simple d'utilisation	Très Important
	Fiabilité	La station de supervision reçoit les données sans corruption	Très Important
		Les positions sont corrélées au déplacement du drone	Très Important
		La marge d'erreur ne doit pas être supérieure à 1m.	Très Important
	Rapidité	Le recalcul complet des différentes positions doit être réalisé en moins de 10s.	Très Important



### 5.4.6. Drone : Calibrer le décalage / marge d'erreur

Identifiant : 6

Type : Secondaire

Acteurs :

- **Principal** : Analyste (Agent)
- **Concerné** : Capteur GPS/GNSS/RTK ; Accéléromètre/Gyroscopie/Compass

**Résumé** : L'analyste accède à la console de configuration du décalage. Il définit les deux paramètres demandés, c'est-à-dire la puissance des courants verticaux et horizontaux, qui serviront à calculer la marge d'erreur et son évolution au cours du temps. Elle peut être calculée et actualisée lors de la correction de mesures réalisée (UC4).

**Précondition** : Le drone et la station de supervision doivent être connectés.

**Scénario nominal** :

Analyste (Agent)	Système
1) Ouvre la console de paramètre	
	2) Affiche la configuration existante
3) Saisit les nouvelles valeurs de puissance des courants	
4) Valide la modification	
	5) Met à jour l'algorithme de positionnement
	6) Affiche une notification de succès

Tableau 10 - UC 6

**Post condition** : L'algorithme de positionnement connaît le décalage de position à prendre en compte.

**Scénario d'erreurs** :

- Erreur de synchronisation des données
  - Le pilote doit vérifier que le drone est allumé
  - Le pilote doit vérifier que la station de contrôle est bien connectée au drone
  - L'analyste doit vérifier que la station de supervision est bien connectée au drone

Si le problème persiste, c'est un cas critique, cela signifie que la communication entre les stations et le drone n'est plus opérationnelle (ou que le système ne fonctionne plus).

**Fréquence** : Régulier

**Fonction Qualité Mesure** :

Fonctionnalité	Qualité	Mesure	Priorité
Saisit le décalage de position	Sécurité	Seul l'analyste peut saisir le décalage	Important
	Ergonomie	Interface de saisie intuitive et simple d'utilisation	Très Important
	Fiabilité	Le système sauvegarde la saisie	Très Important



### 5.4.7. Drone : Tester l’algorithme de positionnement

Identifiant : 7

Type : primaire

Acteurs :

- **Principal** : Testeur
- **Concerné** : Capteur GPS/GNSS/RTK, Base de données

**Résumé** : Action permettant de vérifier que l’algorithme de positionnement correspond au trajet effectué.

**Préconditions** : Pour vérifier l’algorithme, nous serons obligés d’effectuer ce test hors de l’eau pour conserver le signal GPS tout le long du test. Le drone doit donc obtenir un signal GPS/RTK fiable (précision à 5cm selon les caractéristiques du GPS/RTK Emlid – composant du drone).

Scénario nominal :

Testeur	Système	GPS/RTK	Accéléromètre	Capteurs	Base de données
1) Le testeur définit un trajet.					
2) Le testeur effectue le trajet avec le drone en le tenant à la main.					
	3) Demande au capteur GPS sa position				
		4) Fournit sa position au système			
	5) Envoie la position à la station cliente				
					6) Les données sont ajoutées en base
	7) Demande à l’accéléromètre et au capteur de pression leur mesure				
			8a) Fournit sa mesure au système	8b) Fournit sa mesure au système	
	9) Envoie les mesures à la station client				
					10) Les données sont sauvegardées en base de données



	11) Itération des étapes 3 à 10 jusqu'à la fin du trajet				
12) Le testeur lance l'algorithme de positionnement avec : - les coordonnées GPS de début et de fin de trajet (uniquement) - toutes les mesures de l'accéléromètre - toutes les mesures du capteur de pression.					
<p style="text-align: center;"><b>L'algorithme peut ensuite calculer l'écart pour chaque point de mesure. L'algorithme doit reproduire le parcours avec uniquement les capteurs suivants : accéléromètre et pression.</b></p>					

Tableau 11 - UC 7

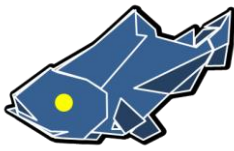
**Post-condition :** Des mesures sont disponibles pour pouvoir réaliser des simulations et/ou des essais d'algorithme de positionnement.

**Scénario d'erreur :**

- Le drone n'arrive pas à recalibrer sa position
  - o Le testeur doit vérifier que le drone a bien réalisé des mesures.
- Le drone n'envoie aucune donnée
  - o Le testeur doit vérifier que la station de supervision et le drone sont connectés.
- Les coordonnées GPS ne correspondent pas à la réalité
  - o Le testeur doit prendre en compte la précision du capteur.
- Trop d'écart entre les points de mesure calculés par l'algorithme et les coordonnées GPS.
  - o Le testeur doit modifier son algorithme
- Le trajet ne comprend pas assez de changement de vitesse et de direction.
  - o Le testeur doit modifier son trajet
- Le trajet aérien donne des mesures très différentes que le trajet aquatique.
  - o Le testeur doit trouver un moyen de faire ce test sous l'eau.

Si le problème persiste, c'est un cas critique, cela signifie que la communication entre les stations et le drone n'est plus opérationnelle (ou que le système ne fonctionne plus).

**Fréquence :** Régulier (pendant la période de test).



## Fonction Qualité Mesure :

Fonctionnalité	Qualité	Mesure	Priorité
Saisit la position à atteindre	Fiabilité	La station de supervision reçoit les données sans corruption	Très Important
		Les positions sont corrélées au déplacement du drone	Très Important
		La marge d'erreur ne doit pas être supérieure à 1m.	Très Important
	Rapidité	Le calcul complet des différentes positions doit être réalisé en moins de 10s.	Très Important



## 5.5. Architecture fonctionnelle

### 5.5.1. Drone

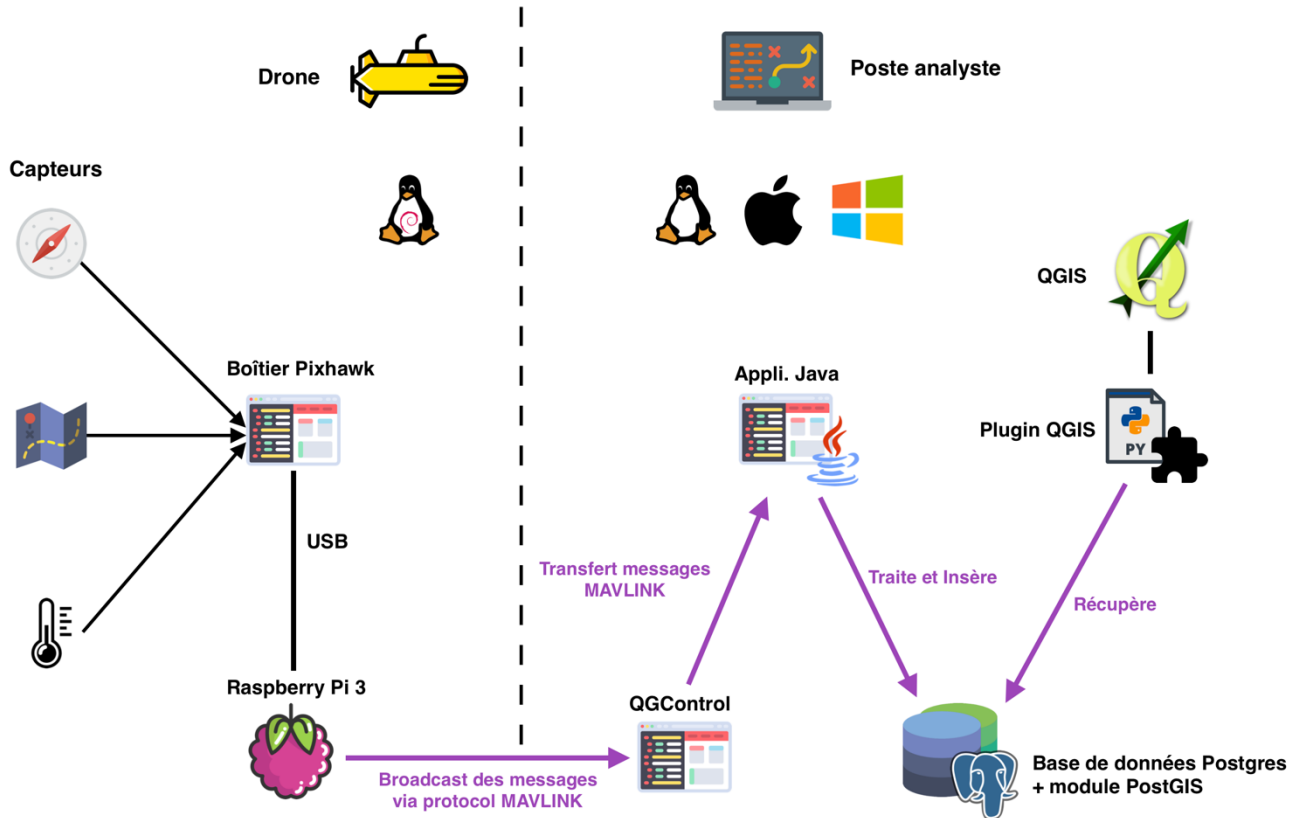


Figure 5 - Architecture du système (pour le drone)

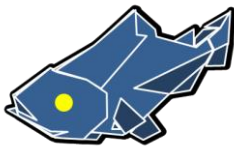
À partir des éléments connus à ce jour, nous avons pu mettre au point un modèle d'architecture autour du drone aquatique. Le choix du drone nous conditionnant quant au matériel, nous nous sommes basés sur les spécifications du système ainsi que les besoins pour formaliser un ensemble cohérent.

Le cœur du modèle de drone BlueROV 2 étant une carte Raspberry de troisième génération, nous disposons d'une puissance de calcul suffisante (4 cœurs à une fréquence de 1,2 Ghz) pour faire tourner un système d'exploitation tel que Raspbian (version allégée de Debian Linux). Ce choix s'avère nécessaire pour l'installation de la surcouche logicielle ArduSub (GPLv3) permettant de guider le drone et récupérer son flux vidéo de manière aisée sur l'application open-source (GPLv3) QGControl sur le poste de l'analyste.

Dans un cycle de fonctionnement normal, les informations des capteurs seront récupérées par le module physique Pixhawk et transférées via des messages suivant le protocole MAVLINK en direction de l'application QGControl. Cette dernière sera installée sur le poste client et permettra la visualisation via la caméra du flux vidéo et le contrôle en temps réel des activités du drone.

Une option existe dans QGControl nous permettant de rediriger tous les messages du protocole MAVLINK sur l'adresse d'une autre application. Ce fait nous permettra d'exploiter les messages MAVLINK dans une application tierce Java à développer pour le poste analyste en utilisant la librairie





MAVLinkJava (<https://github.com/ghelle/MAVLinkJava>). Cette librairie nous facilite l'exploitation du contenu des messages pour en réaliser l'archivage et le traitement en base de données.

Afin de rendre disponible pour l'application QGIS des données compréhensibles, il sera nécessaire d'appliquer des fonctions de correction aux relevés de localisation, notamment au travers de l'application Java. Cette application permettra de récupérer les données brutes de la base de données du drone et corriger les points de localisation. Leur fiabilité étant compromise à cause du milieu aquatique, il sera nécessaire d'harmoniser les résultats.

Une fois les données traitées, cette application aura pour rôle de les exporter avec les données brutes sur une base de données présente sur le poste de l'analyste. Ces données seront accessibles à des applications tierces comme QGIS qui pourront régulièrement rafraîchir les nouvelles données de la base et afficher un rendu sur un fond de carte avec un taux proche du temps réel.

Afin que QGIS puisse exploiter nos données et les injecter sur une carte selon les critères de l'ONEMA, la réalisation d'un plugin pour la plateforme sera nécessaire dans le cas où aucun ne pourrait satisfaire à nos besoins. La réalisation d'un tel plugin implique d'utiliser le langage Python.



### 5.5.2. Simulateur

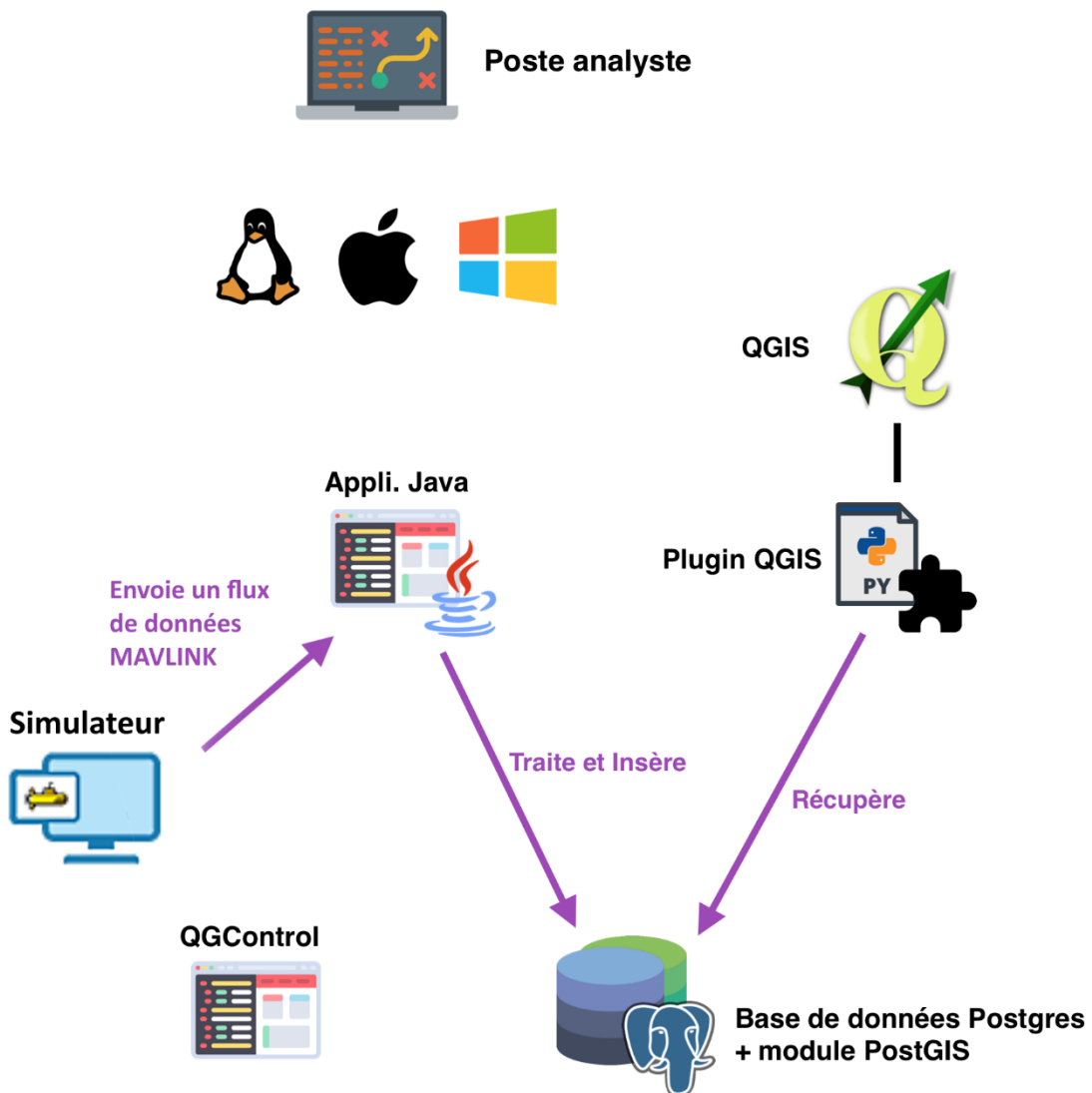
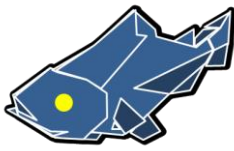


Figure 6 - Architecture de la simulation

Le rôle du simulateur est de nous permettre vérifier la pertinence de l'algorithme utilisé pour le positionnement et le bon fonctionnement des outils mis en place pour l'affichage des relevés en temps réel, le tout en s'affranchissant du drone et des contraintes physiques qu'il peut présenter (en termes de temps et d'espace).

Ainsi l'architecture fonctionnelle est quasiment identique à celle du cas réel, le simulateur vient simplement se brancher en entrée de l'application de traitements des données à la place de QGControl afin de fournir le flux de données MAVLINK qui doit être traité.

Il sera possible de configurer une simulation aléatoire, ou alors de réutiliser un jeu de données existant : cela nous permettra, dans le premier cas, de tester la fiabilité de l'application lorsqu'elle est utilisée sur des données différentes et, dans le second cas, de mesurer l'amélioration de nos traitements.



Il est important, pour que le simulateur puisse remplir son rôle, d'être en mesure de simuler avec précision le flux (qualitativement et quantitativement) que pourrait recevoir l'application dans le cadre d'une utilisation réelle.



## 5.5.3. Communication/QGIS

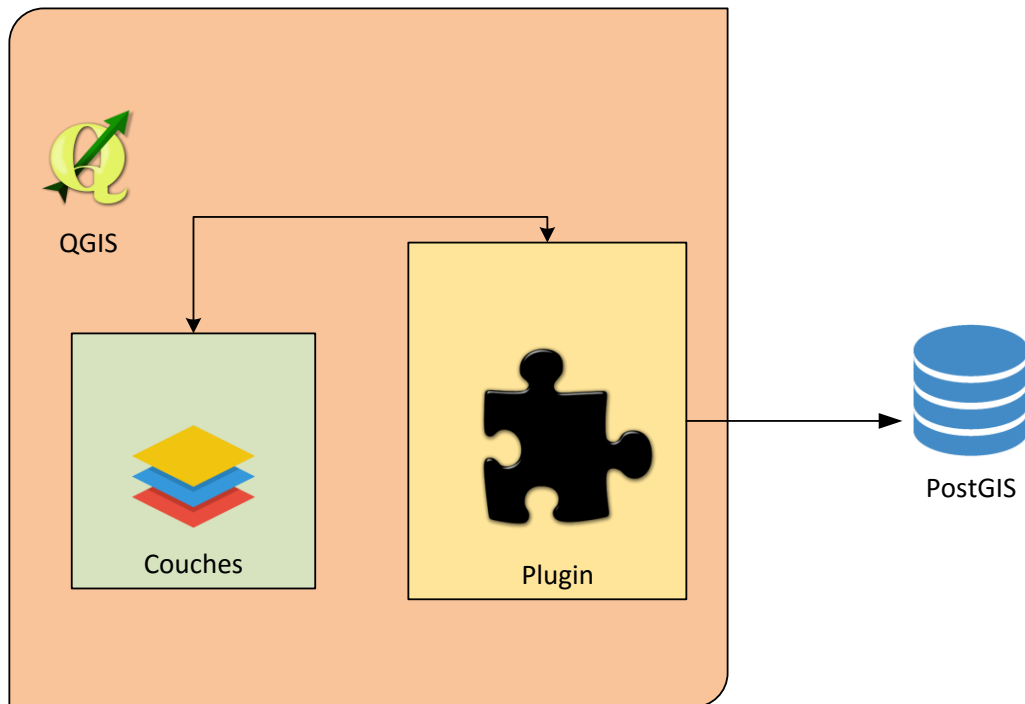
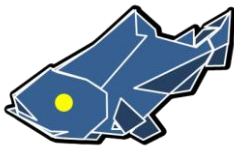


Figure 7 - Architecture du module QGIS

Afin d'afficher pendant les mesures les informations obtenues depuis l'appareil, il sera possible, au travers d'une application QGIS, d'afficher plusieurs couches. Ces dernières seront catégorisées en fonction de la donnée. Un traitement sera intégré au plugin, lui permettant de les classer dans les couches correspondantes. De plus, nous pouvons déjà imaginer une couche affichant le parcours du drone, une autre affichant les relevés de températures lors du trajet ou bien même les variations des courants. Par la suite, nous pouvons très bien concevoir d'autres types de cartes (heatmaps, nuages de points, grilles etc...).

Aussi, afin d'afficher les variations en temps réel, nous effectuerons une actualisation permanente des couches en puisant continuellement dans la base de données peuplée par le drone.



## 6. Lotissement

### 6.1. Lots

#### 6.1.1. Lot 1 : Simulateur et algorithmes

Ce lot est le plus important de tout le projet. En effet, celui-ci sert de base pour tout le reste de la solution que l'équipe va développer. Ce lot est composé de la réalisation du simulateur, ainsi que des algorithmes et fonctionnalités hébergées par le simulateur. Réaliser le simulateur et les fonctionnalités en parallèle permet de s'assurer que le simulateur permet de tester le bon fonctionnement de l'application, et vice-versa.

Les modules développés sur le simulateur seront :

1. Simulateur de GPS/GNSS/RTK
2. Simulateur de l'Accéléromètre/Gyroscopie/Compas
3. Simulateur du capteur de pression
4. Simulateur du capteur de température.

Les fonctionnalités qui seront développées en parallèle du simulateur sont :

1. Algorithme de positionnement
2. Récupération des mesures et association de celles-ci avec une position.

Par conséquent, les cas d'utilisation suivants seront développés :

- UC-1 Simulation : Générer les entrées et les fichiers de simulation
- UC-2 Simulation : Effectuer une simulation
- UC-3 Simulation : Vérifier la cohérence des données relatives au positionnement
- UC-4 Drone : Réaliser une mesure (sur QGIS)
- UC-5 Drone : Recalibrer les positions (sauvegardées) du drone
- UC-6 Drone : Calibrer le décalage / marge d'erreur

Le lot 1 sera livré le lundi 13 février (durée de réalisation estimée : 5 jours ouvrés).

#### 6.1.2. Lot 2 : Intégration des développements dans le drone

Ce lot représente toute l'intégration des développements réalisés dans le lot 1, sur le drone. Cette étape est cruciale. A la fin de cette étape (nota : à la livraison du lot), l'ensemble des développements orienté drone (cf. lot 1) devront être entièrement fonctionnel sur celui-ci.

*Le lot intégrera également la partie communication, c'est-à-dire que les données (positions et mesures) devront être communiquées à la station de contrôle.*

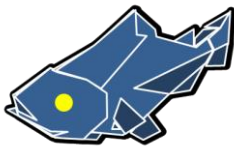
Dans cette situation, tous les cas d'utilisation du lot 1 sont concernés.

Le lot 2 sera livré le lundi 20 février (durée de réalisation estimée : 5 jours ouvrés).

#### 6.1.3. Lot 3 : Développement de l'interface QGIS

Le présent lot représente la partie interface des mesures. Dans ce lot, toutes les mesures réalisées, ainsi que les positions associées aux relevés, seront affichées. L'interface livrées dans le lot permettra de :

- UC-4 Drone : Réaliser une mesure (sur QGIS)



Toute la partie affichage est réalisée sur un fond de carte représentant au mieux l'environnement des mesures.

Le lot 3 sera livré le lundi 27 février (durée de réalisation estimée : 5 jours ouvrés).

### **6.1.4. Lot 4 : Développement des indicateurs sur la console de pilotage**

Le dernier lot correspond à l'intégration d'alerte et d'indicateur au sein de la console de contrôle du drone. Les différents indicateurs ne sont pas caractérisés par des cas d'utilisations. Cependant, ces informations permettent au pilote de connaître l'état de fonctionnement du drone.

Des indicateurs seront donc intégrés aux différentes fonctionnalités et aux différents modules. Ces indicateurs seront ensuite transmis en « temps réel » (moins d'une seconde) à la station de contrôle. Ainsi, toutes les personnes derrière le moniteur de pilotage seront informées du bon fonctionnement (ou non) des mesures et du drone.

Par conséquent, les cas d'utilisation suivants seront mis à jour :

- UC-7 : Drone : Tester l'algorithme de positionnement
- Ajout d'indicateur de fonctionnement (précision de la position calculée ...) du drone

Le lot 4 sera livré le lundi 6 mars (durée de réalisation estimée : 5 jours ouvrés).

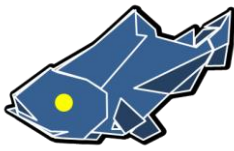
## **6.2. Livrables**

Le 21 octobre, nous avons pu remettre à notre client un devis concernant des configurations matérielles permettant de poursuivre son projet.

Le 10 novembre, l'équipe a réalisé la troisième réunion client. Cette réunion a permis de faire le point sur l'avancée du projet. L'équipe a ainsi pu présenter les différents cas d'utilisation et différentes architectures que celle-ci souhaite mettre en place. La discussion a permis de cerner les différentes contraintes et problématiques que l'équipe n'a pas cernée.

Le 25 novembre, les cahiers des charges fonctionnelle, technique et graphique seront diffusés. Ils permettront de figer l'architecture et les différents choix fonctionnels et techniques liés au drone. Les différentes architectures et descriptifs fonctionnels et techniques seront découpés en trois modules : le module drone et capteurs (technologies embarquées), le module simulateur et le module algorithmique et communication.

Le 8 décembre aura lieu la dernière réunion client avant la conception. Celle-ci aura principalement pour objectif de clarifier les derniers points liés au projet. Plus aucune communication n'aura lieu entre cette réunion et l'avant dernière phase du projet. Cette dernière réunion permettra de finaliser la discussion autour du système.



A la fin de la phase de conception (nota : le 10 mars), l'équipe projet aura la responsabilité de livrer :

- Le drone assemblé avec tous les capteurs présents et fonctionnels
- Une application réalisant le stockage et le traitement des mesures et des positions ;
- Un module QGis permettant de visualiser le déplacement du drone, ainsi que les mesures que celui-ci à réaliser, sur un fond de carte ;
- Un guide complet pour intégrer de nouveau capteurs sur le drone, avec l'intégration desdits capteurs dans l'application ;
- Un simulateur complet et fonctionnel permettant de simuler un capteur du drone ;
- Différents indicateurs informant :
  - De l'état de fonctionnement des capteurs,
  - De la précision de la position (en fonction du nombre de mouvements, et du temps de plongée),
  - Du temps écoulé depuis la perte du signal GPS/RTK.