

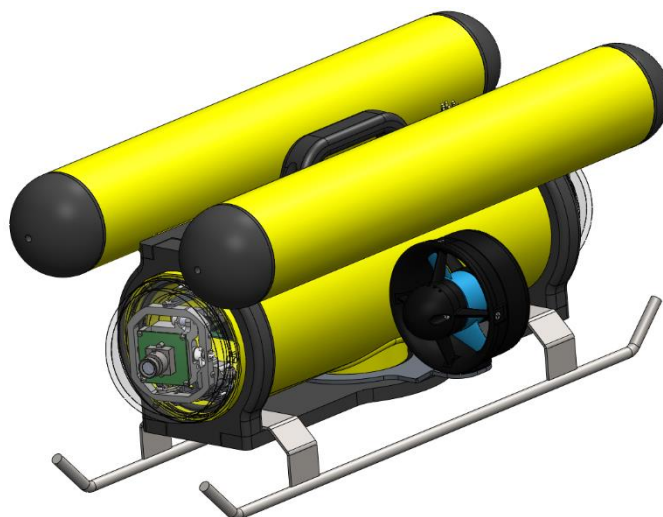


SUBSEA TECH

Marine and Underwater Technologies

Projet CORAL
Acquisition d'un mini robot sous-marin instrumenté
avec kit de développement logiciel et équipements

Mémoire Technique



Client :	IFREMER
Ref Document :	ST-OTC-17653-441
Emetteur :	Pierre MARTY
Date :	11/10/2017
Rev :	1

SUBSEA TECH SAS

167 Plage de l'Estaque - 13016 Marseille - France

Tél : +33 (0)4 91 51 76 71 - www.subsea-tech.com

SAS au capital de 60 000 Euros – SIREN : 485 282 370 R.C.S. Marseille – Code APE 7112G



**Acquisition d'un mini robot sous-marin instrumenté avec
kit de développement logiciel et équipements**

Mémoire Technique

Document :
ST-OTC-17653-441
Rev. : 0
Date : 11/10/2017
Page : 2/18

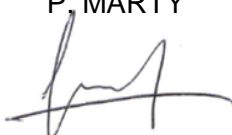


Version	Rédigé par :	Vérifié par :	Approuvé par :
Nom :	P. MARTY	A. CHAUVET	Y. CHARDARD
Visa :			
Date :	11/10/2017	11/10/2017	11/10/2017
CLASSIFICATION DOCUMENT			
Confidentialité <input type="checkbox"/> Non confidentiel <input checked="" type="checkbox"/> Confidentiel Industrie <input type="checkbox"/> Confidentiel Défense		Statut <input type="checkbox"/> Pour commentaires <input checked="" type="checkbox"/> Pour approbation <input type="checkbox"/> Pour exécution	
REVISION			
Version	Date	Objet	
0	26/06/17	Version initiale	
1	11/10/17	Version adaptée AO IFREMER	



TABLE DES MATIERES

1. OBJET	4
2. DOCUMENTS DE REFERENCE	4
3. FOURNITURE DE BASE (TRANCHE FERME).....	5
3.1 POSTE 1 : MINI ROV ET ACCESSOIRES	5
3.1.1 Structure Générale	5
3.1.2 Instrumentation et équipement de base	6
3.1.3 Centrale Inertielle (IMU)	6
3.1.4 Console	7
3.1.5 Alimentation.....	8
3.2 POSTE 2 : KIT DE DEVELOPPEMENT LOGICIEL	8
3.3 POSTE 3 : ESSAIS ET RECEPTION SUR SITE.....	9
4. PRESTATIONS ADDITIONNELLES (SUR BON DE COMMANDE).....	9
4.1 SONAR A BALAYAGE	9
4.2 LOCH DOPPLER	10
4.3 SONAR D'IMAGERIE 2D	11
4.4 SYSTEME DE POSITIONNEMENT USBL	12
4.5 ASSISTANCE TECHNIQUE SUR SITE	12
4.6 PIECES DE RECHANGE	12
4.7 EXTENSION DE GARANTIE	13
4.8 MAINTENANCE ANNUELLE	13
5. SYNTHESE.....	14
6. CONDITIONS DE REALISATION	16
6.1 ESSAIS USINE.....	16
6.2 RECEPTION	16
6.3 LIMITE DE FOURNITURE	16
6.3.1 Matériel et logiciel.....	16
6.3.2 Livrables documentaires.....	16
6.4 CONFORMITE DE LA FOURNITURE.....	16
6.5 ORGANISATION PROJET	17
6.6 PLANNING	18



1. OBJET

Dans le cadre du projet CORAL, l'Ifremer et l'Université de Toulon (au travers du laboratoire COSMER) prévoient la mise en place d'un atelier de robotique sous-marine qui sera destiné aux activités pédagogiques et de recherche. Il servira de support aux formations de l'Université de Toulon et aux doctorants et chercheurs des deux partenaires.

Afin de doter cet atelier des moyens matériels adéquats, des achats d'équipements sont prévus. Un cahier des charges a été rédigé dans ce sens, portant sur:

- Un mini-ROV doté d'équipements de base
- Des instruments supplémentaires (Sonars, Loch Doppler, système de positionnement) pouvant être intégrés sur le mini-ROV en fonction des besoins
- Un environnement de développement (API) permettant à des étudiants de développer des fonctions de haut niveau utilisant les données de tous les capteurs et pilotant directement les fonctions du ROV (mouvements, caméras, éclairages, paramétrages divers...)

Le présent document constitue le mémoire technique de SUBSEA TECH relative aux prestations et fournitures telles que spécifiées dans le cahier des charges (document [1]).

2. DOCUMENTS DE REFERENCE

- [1] Cahier des Charges CORAL Ref. IMN/SM/17.0247 Ind A du 21/07/2017
(Document IFREMER)
- [2] Data sheet mini ROV GUARDIAN 3.0
(document SUBSEA TECH)
- [3] Manuel Opérateur mini ROV GUARDIAN 3.0
(document SUBSEA TECH)

3. FOURNITURE DE BASE (TRANCHE FERME)

3.1 Poste 1 : Mini ROV et accessoires

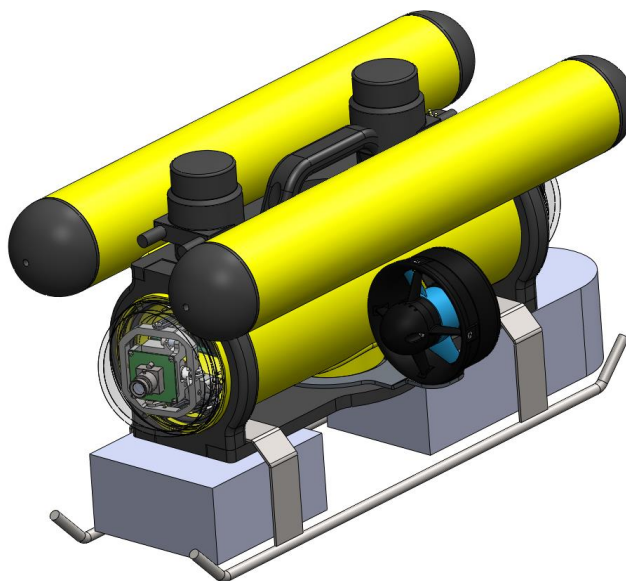
3.1.1 Structure Générale

La solution proposée pour le mini ROV est basée sur un produit standard de SUBSEA TECH, à savoir le Mini-ROV GUARDIAN (cf. document [2]), qui a largement fait ses preuves auprès de dizaines de clients dans le monde entier, et qui a subi depuis son origine en 2005 un grand nombre d'adaptations et d'évolutions issues du retour d'expérience opérationnel obtenu dans des conditions parfois très difficiles.

Cependant, une pré-étude basée sur le cahier des charges du projet CORAL (taille et masse du ROV très réduites mais besoin très important en emport de charge utile) a conclu à la nécessité de prévoir un certain nombre d'adaptations au niveau de l'architecture de base du ROV:

- Ajout de flottabilité logée dans deux tubes horizontaux situés en partie haute
- Adaptation de 2 moteurs longitudinaux plus puissants et mieux adaptés à la nouvelle structure (en remplacement des 4 propulseurs du Guardian), qui permettent de conserver une vitesse maxi identique (3 nœuds)
- Ajout d'un cadre inférieur (skid) servant à la fois de structure support pour les capteurs (ou pour du lest quand les capteurs ne sont pas montés) et de support permettant de poser le ROV au sol
- Léger allongement du corps du ROV pour permettre de loger de l'électronique et de la connectique supplémentaire

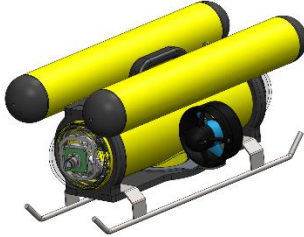

L'allure générale du Mini-ROV modifié sera la suivante:



NB: les "pavés" gris figurent les capteurs additionnels pouvant être montés en position inférieure: loch doppler et sonar d'imagerie

De cette manière le ROV pourra emporter toutes les charges utiles nécessaires tout en gardant une bonne stabilité.

Le tableau suivant compare les caractéristiques principales du Mini-ROV CORAL (sans capteurs additionnels) par rapport au GUARDIAN standard:

	ROV CORAL	GUARDIAN
Structure Générale		
Dimensions L x l x h (mm)	485 x 305 x 235	470 x 250 x 160
Masse en air	9 kg	6 kg
Propulseurs longitudinaux	2 x 2.4 kg	4 x 0.5 kg
Propulseur vertical	1 x 1.0 kg	
Vitesse nominale	3 noeuds	
Profondeur maximum	150 m	
Connecteurs "option"	3	2

NB: pour le ROV CORAL, les caractéristiques sont estimées et constituent l'objectif de design

3.1.2 Instrumentation et équipement de base

Mis à part ce qui est décrit dans le chapitre précédent, les équipements de base du ROV CORAL sont identiques à ceux du GUARDIAN.

Cf. Datasheet Guardian 3.0 (document [2]) pour les caractéristiques précises des caméras, des éclairages et des capteurs divers (pression, température, compas, entrée d'eau...).

Le ROV CORAL sera fourni avec un ombilical de 100 m neutre en eau douce.

NB: les caractéristiques particulières du ROV CORAL concernant la capacité d'emport de plusieurs capteurs complexes simultanément (DVL, Sonars, ...) ont imposé une modification importante de la communication fond/surface avec la console - cf. paragraphe 3.1.4

3.1.3 Centrale Inertielle (IMU)

Le ROV sera fourni avec une centrale inertielle miniaturisée de type MEMS qui sera intégrée de manière permanente dans le ROV. La centrale choisie est: InvenSense MPU-9250

- Accélérations suivant les 3 axes X, Y, Z
- Accélérations angulaires suivant les 3 axes tangage, roulis, lacet

- Inclinaison suivant 3 axes (NB: le nord magnétique est calculé quelle que soit l'attitude du ROV grâce à un magnétomètre 3 axes)

Pour plus de précisions:

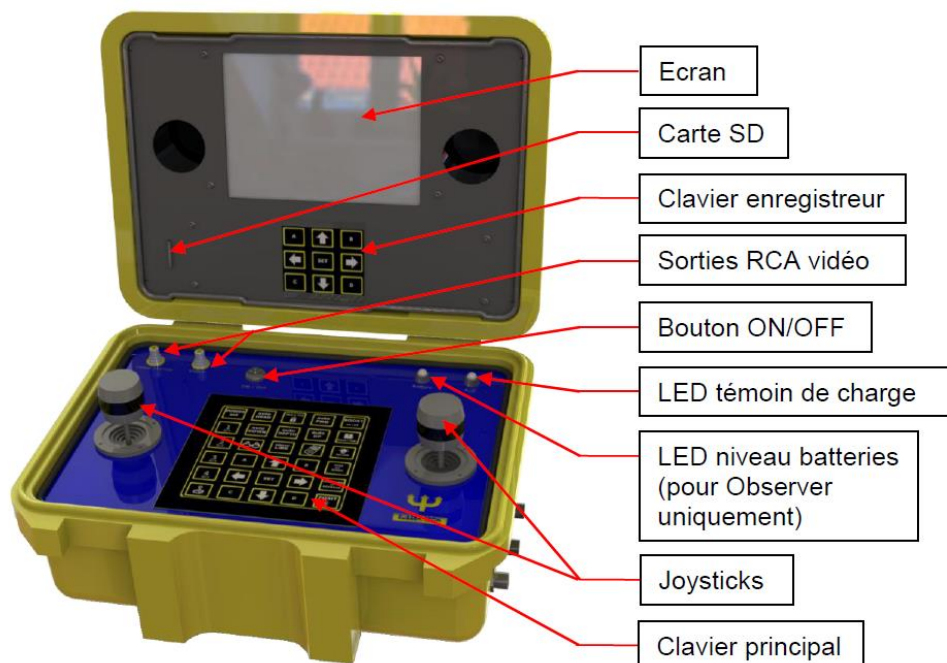
<https://www.invensense.com/products/motion-tracking/9-axis/mpu-9250/>

La centrale inertielle sera interfacée avec la carte "CORAL Board" du ROV via son interface I2C, et ses données seront donc disponibles en continu sur IP au niveau de la console (cf. synoptique section 5)

3.1.4 Console

La console du ROV CORAL sera dérivée de la console standard du GUARDIAN telle que représentée par la figure ci-dessous. Elle sera strictement identique en termes d'ergonomie et de fonctionnalités, et sera packagée dans une valise étanche de type PELICASE.

Se référer au Manuel Opérateur GUARDIAN (document [3]) pour une description détaillée des organes de commande et de contrôle et des fonctionnalités disponibles, notamment les modes automatiques (auto-cap, auto-immersion, auto-vitesse).



Par rapport à la console standard, les modifications imposées par le cahier des charges du ROV CORAL sont les suivantes:

- Modification du lien de communication fond/surface: excepté la vidéo qui reste analogique, l'ensemble des flux de données entre le ROV et la console sont passés sur Ethernet. Pour cela, 2 cartes hub spécifiques seront développées afin de multiplexer les flux entrants (RS485/232, I2C, Ethernet capteurs...) sur Ethernet au



niveau du ROV, et faire l'opération inverse au niveau de la console. NB: ces cartes sont nommées "CORAL Board" dans le synoptique du paragraphe 5

- Ajout d'un convertisseur pour numériser le flux vidéo sur IP, via le Hub Ethernet (CORAL Board) implanté dans la console.

Se reporter aux synoptiques de la section 5 pour une visualisation synthétique des composants du système et de leurs interfaces.

3.1.5 Alimentation

Alimentation standard:

Tension	230 VAC
Fréquence	50 Hz
Puissance Maximum	1 000 W

Le système est livré avec un pack batterie/onduleur/chargeur externe conditionné dans une valise étanche, capable d'alimenter le ROV pendant une durée maximale de 4 h environ (pour une utilisation typique du ROV - Capteurs externes non compris).

Le design de détail de ce pack batterie n'est pas encore fixé, mais il sera conçu en tenant compte de l'expérience de SUBSEA TECH en la matière, notamment en ce qui concerne les exigences de sécurité du client en fonction de la technologie de batterie utilisée.

Ce pack batterie sera intégré dans une valise étanche de type Pélicase et son poids sera de l'ordre de 15 kg.

3.2 Poste 2 : Kit de Développement Logiciel

Avec l'architecture prévue pour le ROV et la console en termes d'interfaces de communications, tous les flux de données de contrôle et de monitoring du ROV et de ses capteurs annexes sont accessibles / rendus disponibles sur un port Ethernet au niveau de la console.

Ceci permet d'envisager la fourniture d'un environnement de développement (API) permettant de spécifier et concevoir n'importe quel type d'application sur un PC externe connecté au port Ethernet de la console.

L'API sera développée sous LINUX et sera compatible avec l'environnement ROS

Les données accessibles en lecture seront:

- Tous les paramètres de monitoring du ROV (Etat Système: capteurs internes y compris centrale inertielle)
- Flux de données DVL
- Flux de données Sonar à balayage
- Flux vidéo des 2 caméras (NB: non simultanés)



- Flux de données Sonar d'imagerie 2D
- Flux de données PC USBL *

Les données accessibles en écriture seront:

- Commandes moteurs ROV
- Commandes pan & tilt caméras avant
- Commandes éclairages ROV
- Paramétrage système ROV (Véhicule + Console) **

* Dans ce cas, le PC USBL sera connecté au PC de développement par Ethernet, éventuellement via un hub. La possibilité de faire tourner la console USBL sur le PC de développement (donc sous LINUX) sera également étudiée, mais la faisabilité n'est pas garantie à ce stade.

** Les paramétrages des capteurs externes se feront directement avec les applications constructeurs.

3.3 Poste 3 : Essais et Réception sur site

L'ensemble du système fera l'objet d'une réception sur site client durant laquelle l'ensemble des fonctionnalités seront testées. Le résultat de ces tests sera documenté.

Une formation de base sera également dispensée à cette occasion

La durée de cette phase de réception est estimée à 2 jours

Les prestations seront dispensées par un ingénieur SUBSEA TECH

4. PRESTATIONS ADDITIONNELLES (SUR BON DE COMMANDE)

4.1 Sonar à Balayage

Depuis de nombreuses années, SUBSEA TECH intègre le sonar TRITECH Micron DST sur ses mini-ROVs. Le même instrument est proposé pour le ROV CORAL, avec deux utilisations possibles:

- Montage en position verticale sur le dessus du ROV, à l'avant: utilisation en mode navigation (détection de cibles ou d'obstacles, positionnement dans un environnement connu, ...)
- Montage en position horizontale en dessous du ROV, à l'avant, scan vers le fond: bathymétrie, détection de cibles sur le fond, ...)

Les principales caractéristiques de ce sonar à balayage sont résumées ci-dessous:

Fréquence	600 kHz
Portée [min - max]	0.5 m - 70 m
Résolution	< 10 mm

Ouverture verticale faisceau	30 deg
Secteur Balayage	Réglable 0 - 360 deg
Dimensions (D x h - en mm)	50 x 79
Profondeur maxi	750 m
Poids [air - eau] (kg)	0.32 - 0.18
Puissance	6 W @ 24 VDC
Interface communication	RS-232 / RS-485



Le Sonar sera fourni avec la documentation standard du fabricant.

Pour plus de précisions:

<http://www.tritech.co.uk/product/small-rov-mechanical-sector-scanning-sonar-tritech-micron>

Le Sonar sera interfacé avec la carte "CORAL Board" du ROV via RS-232, et ses données seront donc disponibles en continu sur IP au niveau de la console (cf. synoptique section 5)

4.2 Loch Doppler

Le Loch Doppler (DVL) sélectionné sera le tout nouveau PATHFINDER de RD Instruments, dans sa version monobloc. Les DVLs de chez RD Instruments font référence dans le domaine de la navigation sous-marine, et le PATHFINDER concentre donc tout le savoir-faire de la société sous un volume très compact et un poids en eau compatible avec la capacité d'emport du ROV. De plus la forme de son enveloppe externe le rend plus facilement adaptable sur notre mini ROV que ses principaux concurrents.

Les principales caractéristiques de ce DVL sont résumées ci-dessous:

Fréquence	600 kHz
Altitude [min - max] (en mode "bottom track")	0.2 m - 80 m
Précision typique (vitesse 2 kn - Alt 40 m)	0.5 cm/s
Profondeur maxi	300 m
Dimensions (L x l x h - en mm)	230 x 102 x 70
Poids [air - eau] (kg)	1.9 - 0.7
Puissance	3.3 W @ 24 VDC



Interface communication

Ethernet ou RS-232

Le DVL sera fourni avec la documentation standard du fabricant.

Pour plus de précisions:

http://www.teledynemarine.com/Pathfinder_DVL

Le DVL sera interfacé avec la carte "CORAL Board" du ROV via Ethernet, et ses données seront donc disponibles en continu sur IP au niveau de la console (cf. synoptique section 5)

4.3 Sonar d'imagerie 2D

SUBSEA TECH propose le sonar BLUE PRINT OCULUS M750 D. Ce nouveau sonar est réellement très proche en performances du sonar BlueView, mais pour un prix environ 40% plus bas et des dimensions beaucoup plus compactes. Il présente l'avantage d'être bi-fréquence, donc il peut facilement s'adapter à des environnements très différents en fonction des performances recherchées, en privilégiant la portée ou la résolution.

Les principales caractéristiques de ce sonar multifaisceaux 2D sont résumées ci-dessous:

Fréquence	750 kHz / 1.2 MHz
Portée [min - max] (m)	0.1 - 120 / 0.1 - 40
Nbre image/s	40
Ouverture verticale	20° / 12°
Ouverture horizontale	139° / 70°
Résolution angulaire	1° / 0.6 °
Dimensions (L x l x h - en mm)	125 x 122 x 62
Profondeur maxi	300 m
Poids [air - eau] (kg)	0.98 - 0.36
Puissance	Environ 20 W @ 24 VDC
Interface Communication	Ethernet



Le Sonar sera fourni avec la documentation standard du fabricant.

Pour plus de précisions:

<http://www.blueprintsubsea.com/pages/product.php?PN=BP01032>

Le Sonar sera interfacé avec la carte "CORAL Board" du ROV via Ethernet, et ses données seront donc disponibles en continu sur IP au niveau de la console (cf. synoptique section 5)

4.4 Système de positionnement USBL

SUBSEA TECH propose l'USBL BLUE PRINT composée d'un transpondeur X150 et d'un pinger X010

Les principales caractéristiques de ce système sont résumées ci-dessous:

Fréquence	24 - 32 kHz
Portée Maxi	1000 m (omnidirectionnel)
Précision typique	5 cm (distance) 1° (direction)
Dimensions (D x h - en mm)	60 x 160 (transponder) 60 x 74 (pinger)
Profondeur maxi	100 m (transponder) 300 m (pinger)
Poids [air - eau] (kg)	0.72 - 0.53 (transponder) 0.30 - 0.17 (pinger)
Puissance (Peak)	10 W @ 24 VDC
Interface Communication	Ethernet



Le système USBL sera fourni avec la documentation standard du fabricant.

Pour plus de précisions:

<http://www.blueprintsubsea.com/seatrak/products.php>

Les données de l'USBL seront disponibles sur un port Ethernet en sortie du PC USBL (la possibilité d'avoir une application USBL sous LINUX sera également étudiée (cf. **Erreur ! source du renvoi introuvable.**).

4.5 Assistance Technique sur Site

SUBSEA TECH fournira sur demande 3 jours d'assistance technique (pas obligatoirement consécutifs) sur site à des fins de maintenance ou de formation.

Cette prestation sera effectuée par un ingénieur.

Les frais de mission (sans découché) sont inclus dans l'offre

4.6 Pièces de rechange

Les pièces de rechange suivantes sont proposées:

- Ref 3.5.1 Câble (ombilical) fond surface, longueur 100 m avec connecteurs



- Ref 3.5.2 : Lot complet de cartes électroniques (ROV et Console)
- Ref 3.5.3 : Propulseur principal
- Ref 3.5.3 : Propulseur vertical
- Ref 3.5.4 : Lot connectique humide (1 embase ombilical + 2 embases "option")

4.7 Extension de garantie

Une extension de 2 ans de la garantie contractuelle (3 ans de garantie au total) est proposée sur la partie matérielle de la fourniture, telle que décrite en 3.1

Cette garantie couvre les vices de conception et de réalisation, avec les limitations suivantes:

- Travaux effectués en usine (cout de transport A/R à la charge du client)
- Non respect des procédures d'utilisation
- Dégâts causés par une mauvaise utilisation du système, notamment en dehors de sa plage d'utilisation normale
- Défaut de maintenance
- Eléments de batterie
- Usure normale

4.8 Maintenance annuelle

A noter qu'une prestation forfaitaire de maintenance annuelle du système peut également être proposée.

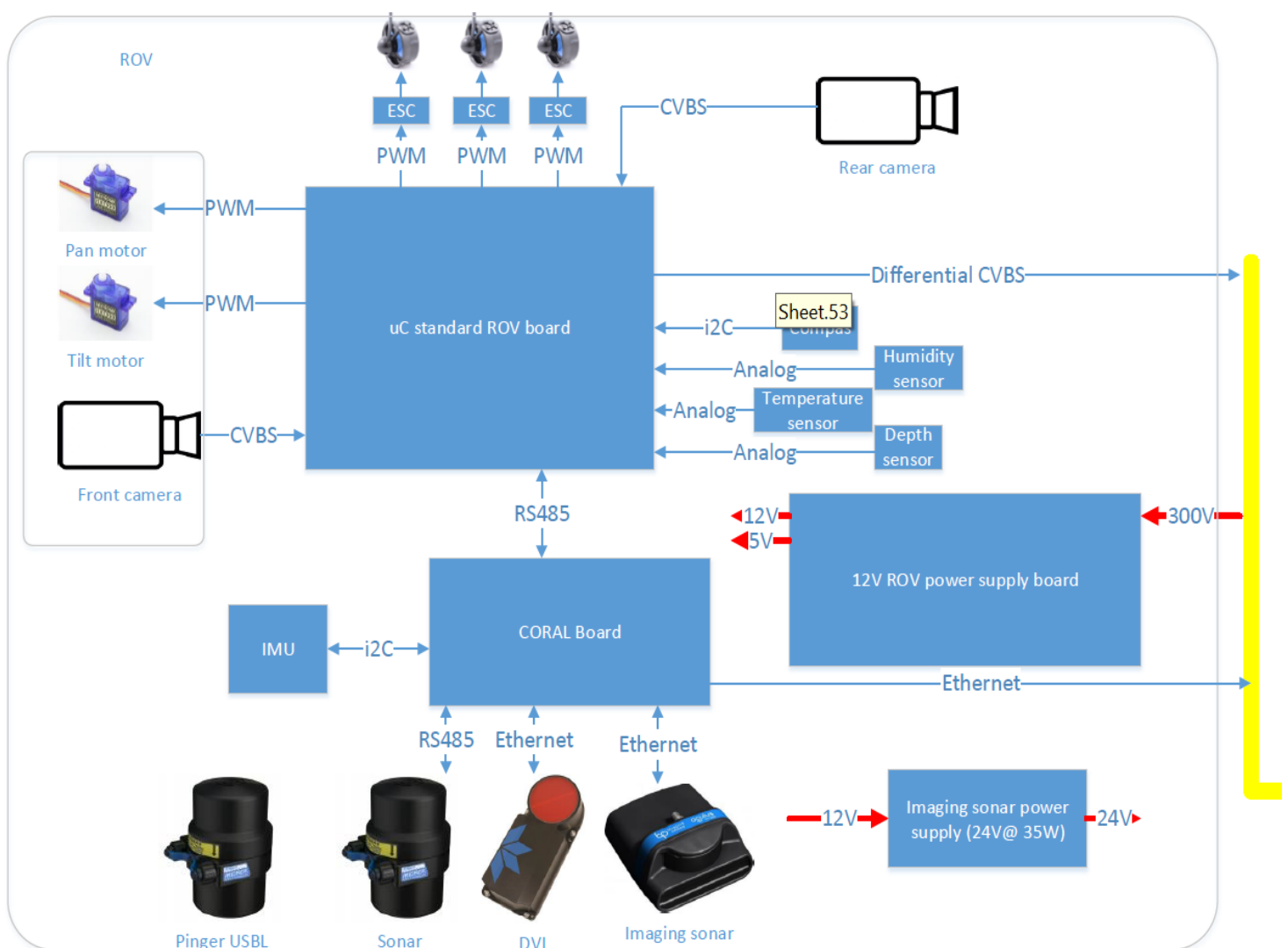
Cette prestation couvre les points suivants:

- Contrôle et diagnostic complet
- Révision propulseurs
- Réglages propulseurs, pan & tilt, joysticks, capteurs...
- Test batteries (charge et décharge - 2 cycles)
- Changement des joints
- Polissage dômes caméras
- Contrôle d'étanchéité et passage en caisson hyperbare
- Contrôle final de bon fonctionnement et équilibrage
- Mise à jour des firmwares (le cas échéant)
- Etablissement de devis de réparation (le cas échéant)

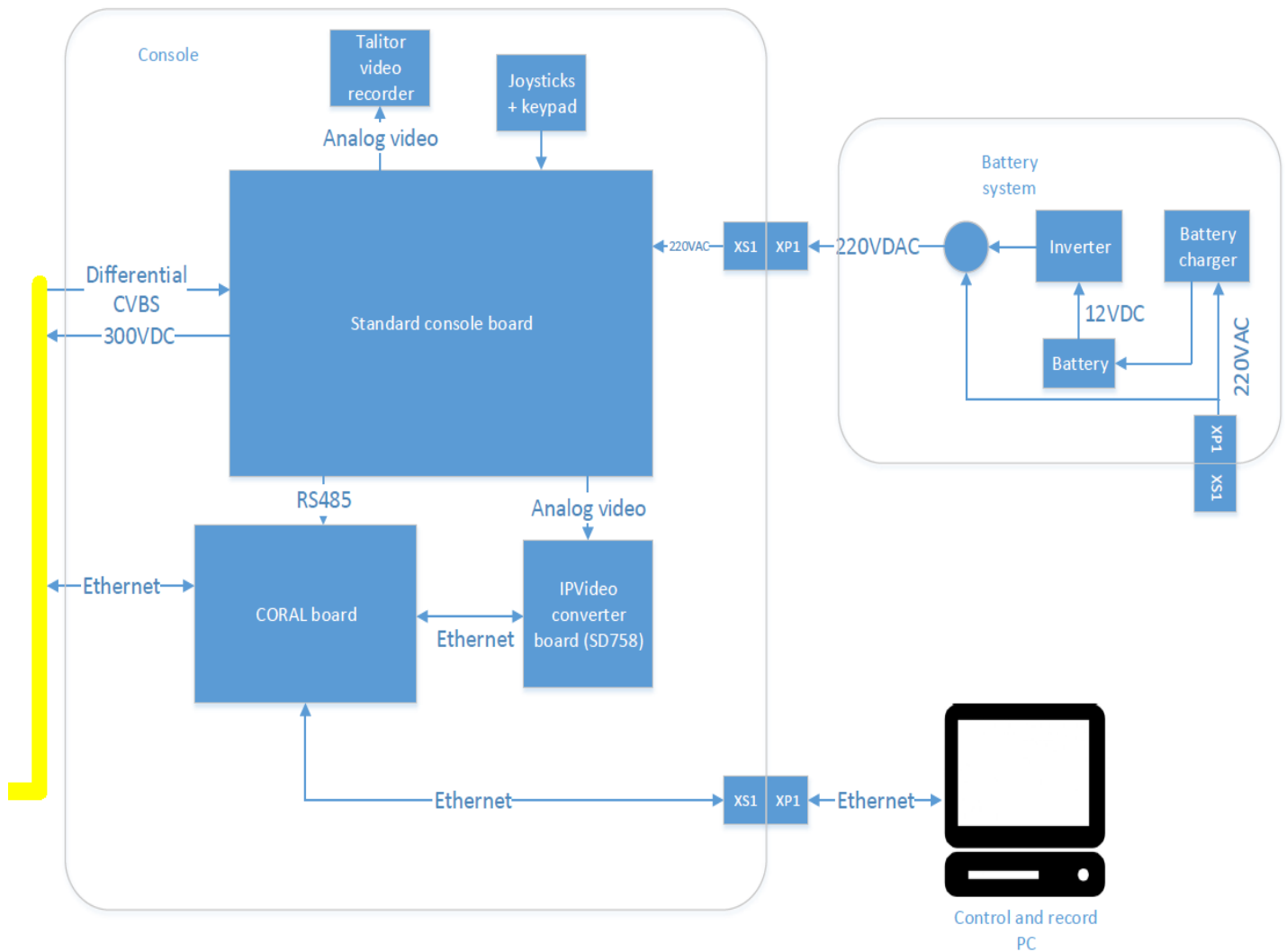
5. SYNTHESE

Les synoptiques suivants résument l'architecture du système proposé en termes de composants et d'interfaces:

NB: le trait jaune symbolise l'ombilical ROV <> Console



Synoptique ROV



Synoptique Surface (Console ROV + Pack Batteries + PC ROS)



6. CONDITIONS DE REALISATION

6.1 Essais Usine

L'ensemble du système subira un test fonctionnel complet en usine avant livraison, dont les résultats seront documentés.

Le ROV (sans capteurs additionnels) subira en outre un test en caisson hyperbare à 18 bars.

6.2 Réception

Cf. § 3.3

6.3 Limite de fourniture

6.3.1 Matériel et logiciel

Tout ce qui n'est pas explicitement décrit dans le présent document n'est pas réputé livrable.

Le ROV, sa console et son ombilical seront livrés dans une caisse de transport à roulettes type Pelicase.

Les capteurs additionnels seront livrés dans leur emballage d'origine, avec les accessoires et les logiciels prévus en standard par leurs constructeurs respectifs.

6.3.2 Livrables documentaires

- Manuel opérateur
- PV de tests : essais fonctionnels, test hyperbares
- Liste des pièces de rechanges et programme de maintenance préventive
- Documentation de l'API (le cas échéant - cf. 3.2)
- Documentation standard (fabricant) des capteurs additionnels livrés

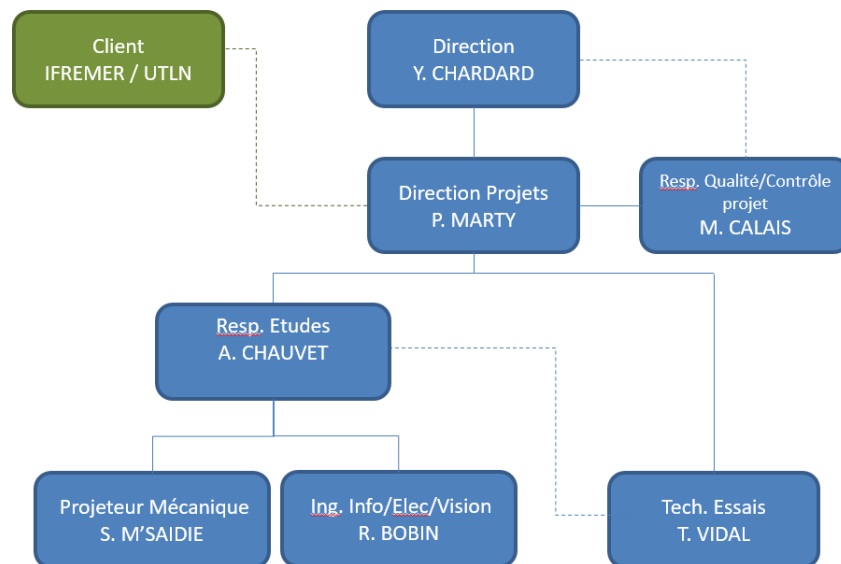
6.4 Conformité de la fourniture

SUBSEA TECH s'engage à réaliser un matériel qui respecte formellement les spécifications du cahier des charges (document [1]), à savoir :

- Les fonctionnalités requises
- Les performances
- Les exigences d'interface
- Les contraintes opérationnelles
- La robustesse et la fiabilité

6.5 Organisation projet

L'organigramme ci-dessous illustre l'organisation mise en place au sein de SUBSEA TECH pour la réalisation du projet :



Le responsable du projet sera Pierre Marty, assisté par Manon Calais, qui est aussi la responsable qualité de SUBSEA TECH.

Au niveau technique, Adrien Chauvet (ingénieur mécatronique) sera responsable des études et de la réalisation du Mini-ROV et de ses accessoires.

Les ressources suivantes seront également utilisées, sous la responsabilité technique et opérationnelle de J. Danneyrolles:

- Soifouani M'Saidie, projeteur mécanique
- Renaud Bobin, ingénieur informatique/électronique/vision
- Théo Vidal, technicien montage et essais, pour le montage des sous-ensembles, la préparation des moyens d'essais et l'assistance à leur exécution.

En ce qui concerne la gestion de projet, le reporting et l'assurance qualité, les prestations seront effectuées selon les principes et méthodes standard de SUBSEA TECH, qui est certifiée ISO 9000:2015 pour l'ensemble de ses activités.

Sur demande du client, un suivi hebdomadaire de la prestation pourra être effectué sous forme de rapport d'avancement synthétique.



6.6 Planning

Les principaux jalons du projet et délais de livraisons pour la fourniture du mini-ROV sont les suivants:

<i>Date</i>	<i>Libellé</i>
T ₀	Commande - Réunion d'enclenchement
Durée: 4 semaines Fin : T ₀ + 4 semaines	Fin de la phase Etudes: Revue de Conception Lancement des achats et fabrications
Durée: 8 semaines Fin : T ₀ + 12 semaines	Consultations fournisseurs et Réception du matériel sur étagère et des pièces usinées
Durée: 2 semaines Fin : T ₀ + 14 semaines	Montage / Intégration Tests unitaires Test hyperbares Recette usine
Durée: 2 semaines Fin : T ₀ + 16 semaines	Livraison et réception des équipements sur site client