

**CI-DRAGON – ROV SEMI-AUTONOME**  
(CI-DRAGON – YARI OTONOM İNSANSIZ SUALTI ARACI)

Réalisé par

**Gönen EREN**, Ingénieur en Génie Informatique

**Thèse**

Présenté en vue de

l'obtention du diplôme de

**MASTER**

Date de soumission : Mai 18, 2007

Date de soutenance : Juin 11, 2007

Directeur : Yrd. Doç. Dr. S. Murat EĞİ.

Membres de Jury : Yrd. Doç. Dr. Burak ARSLAN

Yrd. Doç. Dr. Orhan FEYZİOĞLU

## **PREFACE**

Je tiens à exprimer ma très vive reconnaissance envers mon directeur de thèse Dr. S. Murat EĞİ pour sa patience et pour l'aide qu'il m'a apportée au cours de cette recherche. Son intérêt et ses précieux conseils m'ont été d'un grand profit.

Je voudrais remercier Dr. Ejder VAROL, directeur générale d'İdeal Teknoloji A.Ş. qui a financé le projet.

Je remercie A.Teoman NASKALİ et Ahmet ALTINIŞIK pour leur support dans la partie mécanique.

Je remercie GSUS (Club Subaquatique de l'Université Galatasaray) pour leur aide dans les tests.

Je remercie enfin les membres du jury pour leurs participations et leurs conseils.

Mai 2007  
Gönen EREN

## TABLE DES MATIERES

Préface .....	ii
Table des Matières .....	iii
Liste des Figures .....	v
Liste des Tableaux .....	viii
Résumé.....	ix
Abstract .....	xi
Özet.....	xiii
1. Introduction .....	1
1.1. Qu'est-ce qu'un ROV? .....	1
1.2. Historique .....	2
1.3. Qu'est-ce qu'un AUV? .....	5
1.4. Classifications des ROV .....	6
1.5. Motivation .....	9
2. Retro-Ingénierie.....	10
2.1. Etude d'un ROV Commercial: VideoRay .....	10
2.2. Expérimentations à la Piscine .....	13
2.3. Expérimentations en mer .....	14
2.4. Résultats des Expérimentations .....	17
3. Conception de CI-Dragon.....	18
3.1. Caisse Extérieure .....	18
3.2. Cameras .....	21
3.3. Moteurs .....	23
3.4. Eclairage .....	26
3.5. Capteurs .....	27
3.5.1. Température .....	27
3.5.2. GPS (Global Positioning System) et Temps .....	28

3.5.3. Pression .....	28
3.5.4. Boussole .....	29
3.6. Câble .....	30
3.7. Alimentation .....	31
3.8. Architecture de Contrôle .....	31
3.8.1. Unités de Contrôle.....	32
3.8.1.1. Unité de Contrôle Véhicule .....	35
3.8.1.2. Unité de Contrôle Surface .....	35
3.8.1.3. Ordinateur .....	35
3.8.2. Protocole de Communication .....	36
3.9. Logiciel de contrôle.....	37
3.9.1. Interface Graphique .....	38
3.9.2. Enregistrement de la session .....	39
3.9.3. Contrôle du Véhicule.....	40
3.9.4. Fonctions Autonomes.....	41
3.9.4.1. Auto-Profondeur .....	41
3.9.4.2. Auto-Direction .....	44
3.9.4.3. Suivre une Ligne.....	47
3.9.4.4. Fixer le Camera sur un Point d'Intérêt .....	56
4. Conclusion.....	68
5. Bibliographie .....	71
6. Appendice A: Specifications de Capteur de Pression WIKA P-10.....	74
7. Appendice B: Specifications du Controlleur de Moteur 200XLV .....	75
8. Appendice C: Specifications du VideoRay Scout .....	76
9. Appendice D: Specifications de La Camera D106/M400X .....	77
10. Biographie .....	78

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.1: Composants d'un ROV [1] .....	1
Figure 1.2: Hydro Products RC225 (1976) [4] .....	3
Figure 1.3: Un plongeur remettant une clé à un RC150 devant un RC225 : une illustration du « passage de relais » de l'homme à la machine (1980) [4] .....	4
Figure 1.4: AUV d'observation de C & C .....	5
Figure 1.5: NovaRay 2000, exemple de ROV de classe micro [6] .....	6
Figure 1.6: VideoRay Scout, exemple de ROV de classe mini [7] .....	6
Figure 1.7: SeaEye Falcon, exemple de ROV de classe générale [8] .....	7
Figure 1.8: SeaEye Panther, exemple de ROV de classe travail léger [8] .....	7
Figure 1.9: Hydra Maximum, exemple de ROV de classe travail lourd [9] .....	8
Figure 1.10: CTC Marine C-Trencher 2, exemple de ROV de class Défoncement/enterrement [10] .....	8
Figure 2.1: VideoRay Scout .....	10
Figure 2.2: Composants de VideoRay Scout .....	11
Figure 2.3: Boitier de contrôle de VideoRay Scout .....	12
Figure 2.4: Expérimentations de VideoRay à la piscine .....	13
Figure 2.5: Dispositif de l'expérimentation .....	15
Figure 2.6 : Expérimentations de VideoRay au Bosphore .....	16
Figure 3.1: Premier conception de caisse pour CI-Dragon .....	18
Figure 3.2: Modification de la conception de VideoRay Scout pour CI-Dragon, Dr. Seçil Satır, İdeal Teknoloji ©2006 .....	19
Figure 3.3: Modèles 3D de CI-Dragon .....	20
Figure 3.4: Zones visibles par les cameras .....	22
Figure 3.5: Dome Camera PTZ 106/M400X .....	23
Figure 3.6: Expérimentations sur les moteurs .....	24
Figure 3.7: Moteur de CI-Dragon .....	25
Figure 3.8: Lampe à l'avant du moteur .....	26

Figure 3.9: Capteur de pression WIKA P-10 .....	28
Figure 3.10: Boussole TD-CMP02 .....	29
Figure 3.11: Détermination de la position relative du véhicule par le logiciel .....	30
Figure 3.12: Les composants de CI-Dragon .....	32
Figure 3.13: Architecture du circuit fournit par Idéal Teknoloji, Idéal Teknoloji ©2006 .....	33
Figure 3.14: Diagramme de contrôle et d'alimentation .....	34
Figure 3.15: Interface graphique du logiciel de contrôle .....	38
Figure 3.16: Commandes du Joystick .....	40
Figure 3.17: L'état initial du moniteur de profondeur .....	41
Figure 3.18: Fonction auto profondeur fixé a 26 mètres .....	42
Figure 3.19: Changement de profondeur .....	42
Figure 3.20: Les moteurs qui sont activés par la fonction d'auto-profondeur .....	43
Figure 3.21: La fonction ajuste automatiquement la profondeur .....	43
Figure 3.22: Boussole du véhicule .....	44
Figure 3.23: La fonction auto-direction fixé a 55 degré .....	44
Figure 3.24: Changement de la direction du véhicule .....	45
Figure 3.25: Les moteurs sont activés par la fonction d'auto-direction .....	46
Figure 3.26: La fonction auto-direction remet le véhicule dans la direction voulu .....	46
Figure 3.27: L'image originale pour le suivi de ligne .....	47
Figure 3.28: Saturation de l'image dans l'espace colorimétrique TSV .....	49
Figure 3.29: L'histogramme de l'image .....	50
Figure 3.30: L'histogramme de l'image lissé avec une fonction gaussienne de sigma 11 .....	51
Figure 3.31: Valeur de seuil déterminé par l'algorithme .....	52
Figure 3.32: Régions avec le niveau de gris en dessous de la valeur de seuil (en rouge) .....	53
Figure 3.33: Squelette des régions (en rouge) .....	54
Figure 3.34: Les lignes detectés (en rouge et en vert) .....	55
Figure 3 35: Deux images consécutives .....	56
Figure 3.36: Deux images consécutives converties en niveau de gris .....	57
Figure 3.37: Déplacements calculés pour chaque point de l'image .....	64

Figure 3.38: Régions qui contiennent des déplacements (en rouge) .....	65
Figure 3.39: Région sélectionné (en vert) .....	66
Figure 3.40: Résultat de la somme des directions qui est calculé pour chaque point dans la région sélectionné .....	67
Figure 4.1: CI-Dragon .....	68
Figure 4.2: Test à la piscine de CI-Dragon .....	69
Figure 4.3: Conception hydrodynamique, Dr. Seçil Satır, İdeal Teknoloji ©2006 .....	70

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1.1: ROV de classe de travail lourd fonctionnant dans le monde entier en  
2004 d’après ROV Committee of the Marine Technology Society.....4

Tableau 1.2: Classifications des ROV.....9

## RESUME

Les travaux réalisés par des plongeurs sous l'eau sont coûteux et comportent des grands dangers. La profondeur de travail est limitée. Il y a toujours de risque décompression et d'autres maladies à long terme et les accidents peuvent être mortels. Pour ces raisons, des robots sous-marins ont été développés. ROV (Remotely Operated Vehicle) est le nom commun donné aux robots sous-marins contrôlés à distance par un opérateur via un câble. Le but de ce travail est de développer un ROV modulaire, portable, économique et qui possède des fonctions semi-autonomes.

Tout d'abord le micro ROV le plus économique du marché a été acheté et testé à la piscine et ensuite au Bosphore à Istanbul dans différentes conditions de courant et de lumière. À partir des résultats obtenus les buts de conception ont été définis. Une caisse extérieure résistante à la pression a été développée. Quatre moteurs ont été utilisés pour augmenter la capacité de manœuvre. Deux caméras qui peuvent tourner verticalement et horizontalement, l'une placée en haut et l'autre en bas du véhicule, permettent d'observer tout l'environnement autour sans avoir besoin de faire de manœuvres. Les moteurs et les caméras ont été attachés à la caisse extérieure d'une façon modulaire. Un capteur de pression et une boussole ont été placés sur le véhicule pour la navigation. Le capteur GPS donne la position géographique exacte de l'opérateur et le temps atomique. Le véhicule est contrôlé grâce à un logiciel facile à utiliser et un joystick. Une unité de commande est placée à la surface et aussi sur le véhicule. A cause de la distance, RS485, un standard industriel pour communiquer à long distance, est utilisé pour interagir avec l'unité de contrôle véhicule. Les données des capteurs sont collectées à chaque seconde, à partir des unités de contrôle. Le logiciel possède aussi des fonctions pour le contrôle de la profondeur et de la direction, pour suivre un point d'intérêt automatiquement avec la caméra et pour le suivi automatique d'une ligne avec le véhicule.

Après avoir terminé le développement, le véhicule a été soumis à un test de pression pour voir la résistance à l'eau à la profondeur visée de 150 mètres. Les fonctions semi-autonomes ont été testées sur un logiciel de simulation. Le véhicule a ensuite été testé à la piscine et la réussite du véhicule et du logiciel de contrôle a été montrée. Une conception pour augmenter les caractéristiques hydrodynamiques est nécessaire.

Le passage aux sous-marins autonomes se fera par l'intermédiaire des véhicules semi-autonomes. De ce point de vue CI-Dragon, avec son logiciel de contrôle et ses fonctions semi-autonomes, est un pas important.

## **ABSTRACT**

Working with divers is expensive and involves great dangers. The working depth is limited. There is always a risk for decompression sickness and other diseases in long term and the accidents can be mortals. For these reasons, underwater robots were developed. ROV (Remotely Operated Vehicle) is the common name given to the underwater robots controlled remotely by an operator via a cable. The goal of this work is to develop a modular, portable, economic ROV which has semi-autonomous functions.

First of all, the most economic micro ROV in the market was bought and tested in the swimming pool and then in the Bosphorus in Istanbul under different currents and lighting conditions. The design goals were defined based on the results obtained. A pressure resistant case was developed. Four thrusters were used to increase the capacity of movement. Two cameras which can rotate vertically and horizontally, one placed in top and the other in bottom of the vehicle, make it possible to observe the entire environment without the need to move. The thrusters and the cameras are attached to the case in a modular way. A sensor of pressure and a compass are placed into the vehicle for navigation. A second compass on the surface makes it possible to calculate the relative position of the vehicle to the operator. GPS gives the exact geographical location of the operator and the atomic time. The vehicle is controlled by user friendly software and a joystick. A control unit is placed on the surface and also into the vehicle. Because of the long distance, RS485, an industrial standard to communicate to remote devices at distances, is used to interact with the vehicle control unit. The software also has functions for automatic depth and direction control, automatic point of interest following with the camera and for the automatic line following with the vehicle.

After completing the development process, the vehicle was subject to a pressure test to measure the resistance to water in the goal depth of 150 meters. The semi-autonomous functions were tested on simulation software. The vehicle was then tested in a swimming pool and the success of the vehicle and the control software were shown. A design to increase the hydrodynamic characteristics of the vehicle is necessary.

The next step in the underwater intervention evolution is Autonomous Underwater Vehicles (AUV) and the transition will be made by semi-autonomous vehicles. In this point of view, CI-Dragon, with his control software and semi-autonomous functions, is an important step in this evolution.

## ÖZET

Sualtında yapılan çalışmalarda dalgıçların kullanılması pahalı ve risklidir. İnilebilecek derinlikler sınırlıdır. Vurgun riski ve uzun vadede oluşabilen sağlık problemleri bulunmaktadır ve iş kazaları ölümcül sonuçlar doğurabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı sualtı robotları geliştirilmiştir. ROV (Remotely Operated Vehicle) uzaktan bir operatör tarafından kablo ile kontrol edilen sualtı robotlarına verilen genel addır. Bu çalışmanın amacı modüler, kolaylıkla taşınabilir, ekonomik, yarı otonom özellikleri olan bir ROV geliştirmektir.

Öncelikle piyasada bulunan en ekonomik mikro ROV "VideoRAY Scout" satın alınarak, havuzda daha sonra da İstanbul Boğazı'nda farklı akıntı ve görüş koşullarında denenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda tasarım hedefleri belirlenmiştir. Geliştirilen sualtı aracı için dalış tüpünden dayanıklı bir dış gövde yapılmıştır.

Manevra kabiliyetini arttırmak için ikisi yatay, ikisi dikey yerleştirilmiş toplam dört adet motor kullanılmıştır. Aracın alt ve üst bölümlerindeki iki adet, yatay ve dikey ekseninde hareket edebilen kamera ile yüksek görüş açısı kazandırılmış ve aracı hareket ettirmeden ortamın incelenmesi sağlanmıştır. Motorlar ve kameralar modüler bir şekilde ana gövdeye monte edilmiştir. Navigasyonu gerçekleştirmek için araç üzerine basınç sensörü ve pusula yerleştirilmiştir. Operatörün yanına yerleştirilen ikinci bir pusula ile aracın opeatöre göre göreceli yön bilgisi hesaplanmaktadır. Kontrol bilgisayarına bağlanan GPS ise operatörün coğrafi konum bilgisi ve atomik saati vermektedir. Araç, bilgisayar üzerindeki kullanımı kolay bir yazılım ve bir joystick aracılığı ile kontrol edilmektedir. Yüzeyde ve aracın üzerinde birer kontrol ünitesi bulunmaktadır. Yüksek mesafe yüzünden, araç kontrol ünitesi ile, endüstriyel bir standart olan RS485 üzerinden haberleşilmektedir. Kontrol ünitelerinden her saniye sensör verileri toplanmakta ve sürekli olarak kamera, ışık ve motor kontrol komutları gönderilmektedir. Yazılım aynı zamanda otomatik derinlik kontrolü, otomatik yön

kontrolü, kamerayı belirli bir noktaya sabitleme ve otomatik çizgi izleme gibi işlevler içermektedir.

Tamamlanan yazılım ve donanım çalışmaları sonucunda araç öncelikle hedeflenen çalışma derinliği olan 150 metre için sızdırmazlık testine tabi tutulmuştur. Yarı otonom fonksiyonlar ise simülasyon yazılımı üzerinde test edilmiştir. Daha sonra ise araç havuzda test edilmiş, aracın ve kontrol yazılımının performansının başarılı olduğu gözlemlenmiştir. Aracın hidrodinamik özelliğini arttıracak bir dış tasarım çalışması gereklidir.

Otonom sualtı araçlarına (AUV – Autonomous Underwater Vehicle) geçiş yarı otonom araçların aracılığı ile olacaktır. Kontrol yazılımı ve yarı otonom fonksiyonları ile CI-Dragon bu yolda önemli bir adımdır.

## 1. INTRODUCTION

### 1.1. Qu'est-ce qu'un ROV?

ROV (Remotely operated underwater vehicle) est le nom commun donné aux véhicules sous-marins contrôlés à distance. Les ROV ont initialement été construits pour des applications militaires. Le développement a continué avec les besoins de l'industrie de pétrole. Ces submersibles ont servis pour les installations et la maintenance de bases pétrolières maritimes. Aujourd'hui ils trouvent beaucoup plus d'applications pour l'inspection des barrages et des bateaux, les recherches archéologiques, le premier secours dans les accidents marins.

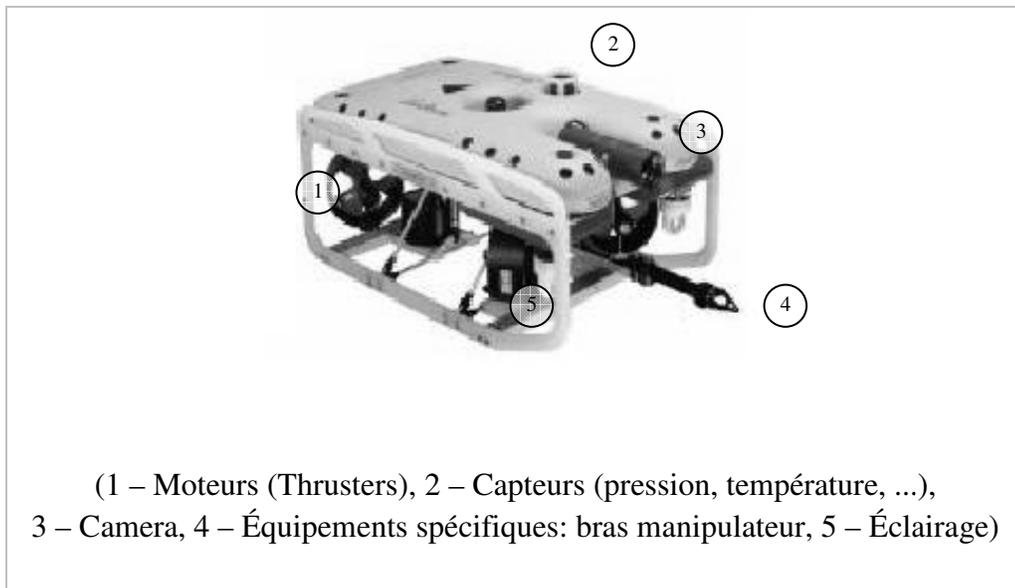


Figure 1.1: Composants d'un ROV [1]

Les ROV sont manuellement contrôlés par une personne à la surface à l'aide d'un câble. Un ROV de base possède des moteurs pour avancer dans l'eau (Thrusters), une camera, des phares, et des capteurs (pression, température, ...) (Figure 1.1). Le câble transmet donc l'alimentation, le signal vidéo, les signaux venant des capteurs et les signaux envoyés par l'opérateur. Dans les modèles plus avancés on trouve des bras manipulateurs, et des équipements spécifiques [2].

## 1.2. Historique

Pour comprendre la technologie des ROV on doit d'abord comprendre pourquoi elle existe. De nos jours des plongées sportives ont été faites jusqu'au 600 mètres et des plongées commerciales d'environ 500 mètres, mais ces exemples sont très rares car le risque est très élevé et elles ne sont pas économiquement fiables.

Pendant une courte période entre les années 1960 et 1970 les véhicules habités (Human occupied vehicles - HOVs) semblaient être la solution pour les grandes profondeurs. Ils permettaient un travail à profondeur pendant de plus longues périodes. Le problème était que les HOVs exigeaient des navires dédiés et mettaient les humains en danger sous l'eau. Ils étaient lents à lancer et à récupérer et avaient un temps limite d'utilisation faible, les rendant économiquement inefficaces. L'introduction de ROVs commercial dans les années 1970 a limité l'utilisation des HOVs à la science et à l'industrie du tourisme.

Le premier ROV, appelée POODLE, a été développé par Dimitri Rebikoff en 1953. La marine des Etats-Unis a fait avancer la technologie à un état opérationnel. Les ROV ont gagné du succès avec US Navy CURV (Cable Controlled Underwater Recovery Vehicle) quand celle-ci récupère une bombe atomique perdue à Palomares en Espagne

dans un accident d'avion en 1966, et sauve les pilotes du sous-marin Pisces près de Cork en Irlande en 1973 [3].



Figure 1.2: Hydro Products RC225 (1976) [4]

Les sociétés commerciales ont vu leur futur dans les ROV pour les opérations en mer, spécialement pour l'installation des bases pétrolière. La transition de l'utilisation militaire au monde commercial a donc été rapide (Figure 1.2) (Figure 1.3). International Submarine Engineering en Columbia, Perry Oceanographic en Florida, et Hydro Products en California étaient les premiers à construire des ROVs commerciaux.

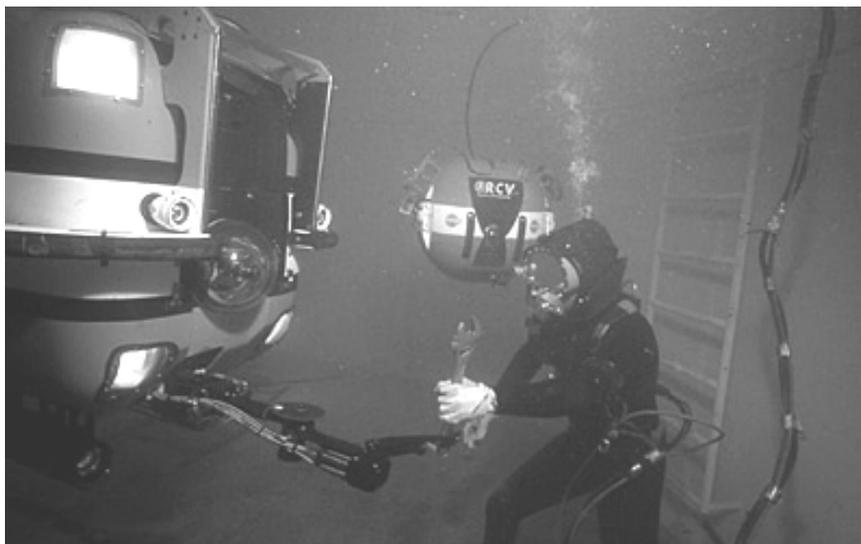


Figure 1.3: Un plongeur remettant une clé à un RC150 devant un RC225 : une illustration du « passage de relais » de l'homme à la machine (1980) [4]

L'industrie en mer du pétrole et du gaz est devenue le plus grand marché de l'industrie de ROV qui utilise même aujourd'hui la majorité des ROV de la classe travail lourd.

Tableau 1.1: ROV de classe de travail lourd fonctionnant dans le monde entier en 2004 d'après ROV Committee of the Marine Technology Society

Oceaneering International, Inc.	152
Subsea 7	78
Stolt	35
Sonsub	59
Fugro	36
Canyon	23
Technip-Coflexip	22
Autre	30
Totale	435

### 1.3. Qu'est-ce qu'un AUV?

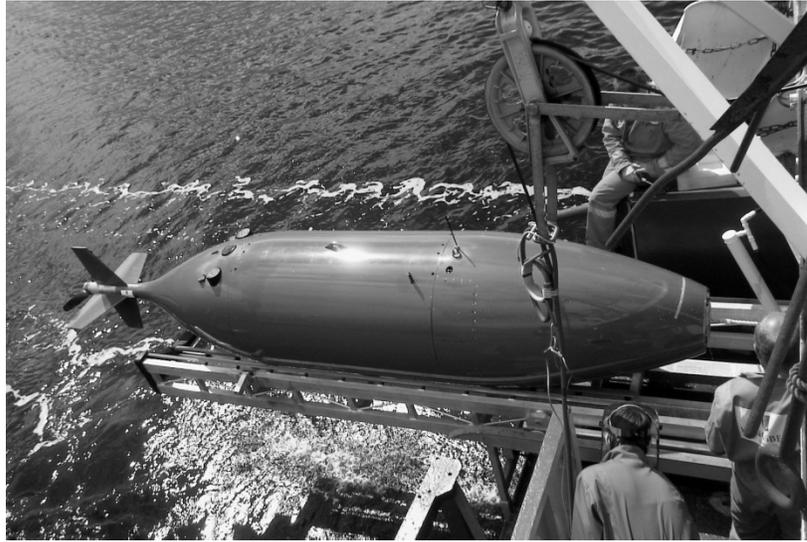


Figure 1.4: AUV d'observation de C & C

Les véhicules sous-marins autonomes (Autonomous Underwater Vehicles ou AUV) aussi connus sous le nom de Unmanned Undersea Vehicles (UUV) sont différents des ROV. Les AUV sont alimentés par des batteries ou des cellules d'énergie. Ils n'ont pas de connexion à la surface et ils peuvent travailler de façon autonome dans des conditions qui sont prédéfinies (Figure 1.4). La plus grande désavantage comparé aux ROV est la perte de puissance. D'autre part sous l'eau, la lumière, la végétation, les courants, et le fond océanique varient beaucoup. Pour ces raisons les AUV sont encore un domaine de recherche et ne trouvent pas de place dans les applications industrielles. Quelque AUV sont employés par les militaires, pour la recherche, et dans le monde commercial pour le travail d'observation. Le passage aux systèmes AUV se fera par l'intermédiaire des systèmes semi-autonomes, c'est-à-dire des véhicules contrôlés par un opérateur mais avec le support de l'ordinateur [5].

## 1.4. Classifications des ROV

Les ROVs sont classifiés dans des catégories basées sur leur taille, poids, capacité ou puissance (Tableau 1.2) [3].

Quelques déterminations communes sont :



Figure 1.5: NovaRay 2000, exemple de ROV de classe micro [6]

- **Micro :** Les ROVs de la classe micro sont très petits en taille et en poids. Ils peuvent peser moins de 3 kilogrammes. Ces ROVs sont employés comme alternative à un plongeur, spécifiquement dans les endroits où un plongeur ne peut pas entrer physiquement comme un égout, une canalisation ou une petite cavité (Figure 1.5).



Figure 1.6: VideoRay Scout, exemple de ROV de classe mini [7]

- **Mini :** Les ROVs de la classe mini pèsent autour de 15 kilogrammes. Ces ROVs sont également employés comme alternative aux plongeurs. Le système complet peut être transporté, et peut être déployé par une personne sans aide

extérieure. Les classes micro et mini sont mentionnées comme la classe de « eyeball » (globe oculaire) pour les différencier des ROV qui peuvent réaliser des tâches d'intervention directe (Figure 1.6).



Figure 1.7: SeaEye Falcon, exemple de ROV de classe générale [8]

- **Général :** Les ROV de classe générale ont une puissance moins de 5HP. Des petits manipulateurs peuvent être installés dessus. Ces ROVs peuvent porter une unité de sonar et sont souvent employés dans les applications d'observation de la surface océanique. Typiquement la profondeur maximum est moins de 1.000 mètres bien qu'il existe des modèles qui puissent aller jusqu'au 7.000 M (Figure 1.7).

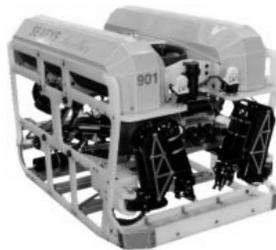


Figure 1.8: SeaEye Panther, exemple de ROV de classe travail léger [8]

- **Travail léger :** Ces ROVs ont une puissance d'environ 50HP. Ces ROVs peuvent porter plus d'un manipulateur. Leur châssis peut être fait à partir des polymères tels que le polyéthylène plutôt que les alliages d'acier inoxydable ou

d'aluminium conventionnels. Ils ont typiquement une profondeur de fonctionnement de moins de 2000 mètres (Figure 1.8).



Figure 1.9: Hydra Maxximum, exemple de ROV de classe travail lourd [9]

- **Travail lourd** : Ils ont une puissance d'environ de 200HP et au moins deux manipulateurs. Ces ROVs peuvent aller jusqu'à 3500 mètres (Figure 1.9).



Figure 1.10: CTC Marine C-Trencher 2, exemple de ROV de class Défoncement/enterrement [10]

- **Défoncement/enterrement** : En général plus de 200HP et avec la capacité de porter une câble et de travailler à des profondeurs allant jusqu'à 6000 mètres (Figure 1.10).

Tableau 1.2: Classifications des ROV

Class	Puissance (hp)	Vitesse (knots)	Poids (kg)	Charge (kg)	Profondeur Maximale (mètres)
Micro	<2	0,5 - 2	< 3	-	< 150
Mini	2-5	1,5 - 3	3 - 20	-	< 150
Générale	5- 15	3 - 5	20 - 300	-	1000
Travail léger	15-50	2 - 5	300 - 800	150 <	2000
Travail lourd	50-200	2 - 4	800 – 5000	> 150	3500
Défoncement enterrement	> 200	2 - 3	> 5000	-	> 6000

### 1.5. Motivation

Les travaux réalisés par des plongeurs sous l'eau sont coûteux et comportent des grands dangers. La profondeur de travail est limitée. Il y a toujours le risque de décompression et d'autres maladies [11] et les accidents peuvent être mortels. Pour ces raisons, les ROV ont été développés.

Notre but était de construire un mini ROV d'observation pour être utilisé dans les travaux de recherche à l'université. On voulait y ajouter des fonctions semi-autonomes comme le suivi d'une ligne automatique, le contrôle de la profondeur et de la direction automatique et la fixation du camera sur un objet d'intérêt et aussi des fonctions d'enregistrement avancées.

Avec le partenariat et le support financier d'İdeal Teknoloji A.Ş. on a décidé de construire un prototype commercial CI-Dragon qui serait en plus des fonctionnalités, économique et modulaire avec une profondeur maximale de travail de 150 mètres.

## 2. RETRO-INGENIERIE

### 2.1. Etude d'un ROV Commercial: VideoRay

On a d'abord décidé d'acheter un ROV commercial et d'observer ses composants et ses réactions dans différentes conditions. Cela allait nous permettre de voir d'avance les futurs problèmes qu'on peut rencontrer. D'autre part le ROV commercial allait être un point de départ pour la conception et servirait à la fin à la comparaison de CI- Dragon.



Figure 2.1: VideoRay Scout

VideoRay Scout est un mini ROV commercial (Figure 2.1). Il a été conçu pour faire des observations jusqu'à 76 mètres sous l'eau. Il est contrôlé manuellement par un joystick. Il ne possède pas de capteur. L'appareil pèse 3,6 kg. C'est un des ROV les plus vendus du marché (plus de 600 vendus au total jusqu'en 2006). Comparé à

d'autres ROV commerciaux on a vu que VideoRay Scout était économique et idéal pour la retro-ingénierie.

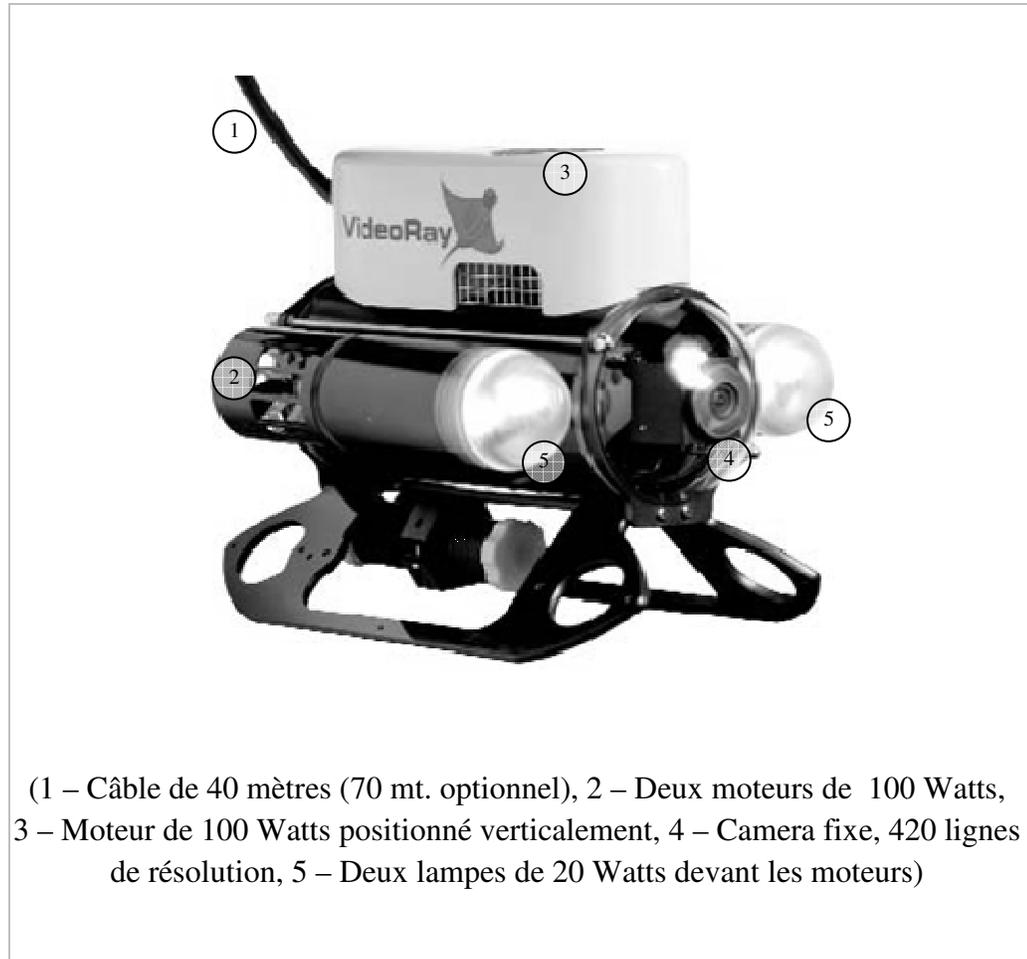


Figure 2.2: Composants de VideoRay Scout

VideoRay possède une camera de 420 lignes de résolution avec une sensibilité de lumière de 0.3 lux. La camera est fixée devant. Deux moteurs de 100 Watts placés sur les cotés sont utilisés pour le mouvement horizontal. Un moteur de 100 Watts placé verticalement sert pour le mouvement vertical. Deux lampes de 20 Watts devant les moteurs horizontaux sont utilisées pour un éclairage ajustable (Figure 2.2). VideoRay

Scout est fourni avec un boîtier de contrôle. Le boîtier possède un joystick pour le contrôle de la direction et un bouton qu'on peut tourner pour contrôler la profondeur. Un LCD de 5 pouces est utilisé pour la visualisation de la vidéo venant de la caméra (Figure 2.3). Le véhicule est fourni avec un câble de 40 mètres avec des extensions optionnelles [7].

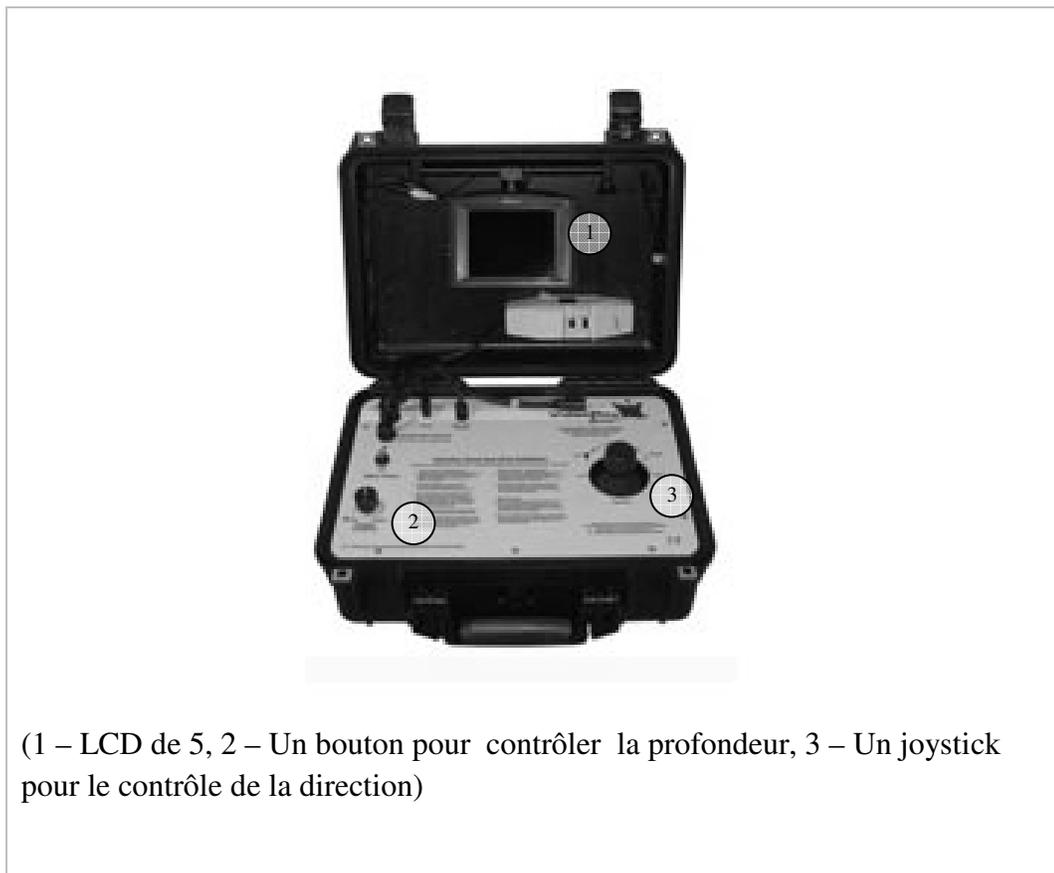


Figure 2.3: Boîtier de contrôle de VideoRay Scout

On a testé VideoRay dans deux environnements très différents dont la première est une piscine et le deuxième est le Bosphore à Istanbul.

## 2.2. Expérimentations à la Piscine

Les expérimentations à la piscine étaient la première étape pour apprendre à utiliser VideoRay et voir ses caractéristiques. La profondeur maximale de la piscine était de 2,40 mètres.

L'interface de commande de VideoRay est très simple : elle est composée d'un joystick et d'un bouton. La vidéo sur l'écran du boîtier de commande est de 420 lignes de résolution et sans bruit. Il n'y a pas de perte de qualité dans la transmission vidéo. La vitesse de 2 knots qui est la vitesse moyenne des ROV de classe mini, est suffisante pour les applications d'observation.



Figure 2.4: Expérimentations de VideoRay à la piscine

Pendant cette expérimentation à la piscine on a constaté qu'il est très difficile de localiser la position du véhicule dans la piscine juste en regardant l'écran. On a du régulièrement regarder nous mêmes et vérifier la position. Comme la camera est fixée devant il n'était pas facile d'observer un objet placé à la surface de la piscine. Un autre problème était de fixer la position du véhicule pour observer un point précis (Figure 2.4).

### **2.3. Expérimentations en mer**

Après avoir terminé les expérimentations à la piscine on a décidé de faire une deuxième série d'expérimentations dans un environnement plus réel. On a choisi de tester VideoRay au Bosphore à Istanbul. Cette fois la lumière, les courants, la végétation et la visibilité montraient une grande variance. On a décidé d'aller jusqu'à 30 mètres sous l'eau avec le véhicule.

En dehors de l'installation à la piscine, on a connecté le câble vidéo sur une télévision et on a enregistré la session (Figure 2.5). Comme on ne pouvait pas observer l'appareil sous l'eau à 30 mètres, 2 plongeurs équipés de cameras on assisté l'expérimentation.



(1 – Télévision, 2 – Equipement d'enregistrement, 3 – Unité de contrôle de VideoRay, 4 – VideoRay)

Figure 2.5: Dispositif de l'expérimentation

L'eau était très floue et avec des particules (Figure 2.6). Il y'avait des courants irréguliers venant de différentes directions. Les roches étaient couvertes de mousse. A partir de 10 mètres de profondeur, à cause de la diminution de la lumière, utilisation des lampes était nécessaire.

Dès le début de l'expérimentation il était impossible de deviner la direction ou la profondeur actuelle du véhicule regardant la vidéo. Les lampes de 20 Watts n'étaient pas suffisantes pour éclairer un tel environnement. Comme la camera est fixée devant on devait se positionner en face et à un endroit horizontal pour pouvoir observer un objet. Cela n'était pas tout le temps possible à cause des irrégularités de la surface de la mer et on a endommagé légèrement la caisse faisant des essais. Le câble était coincé plusieurs fois bloquant tout mouvement du véhicule. Les moteurs étaient assez puissants pour résister aux petits courants.



Figure 2.6 : Expérimentations de VideoRay au Bosphore

A la fin de l'expérimentation on a revu l'enregistrement et on a constaté qu'il n'était pas très utile sans l'information du temps, de la localisation, de la profondeur, de la direction, de la température.

## 2.4. Résultats des Expérimentations

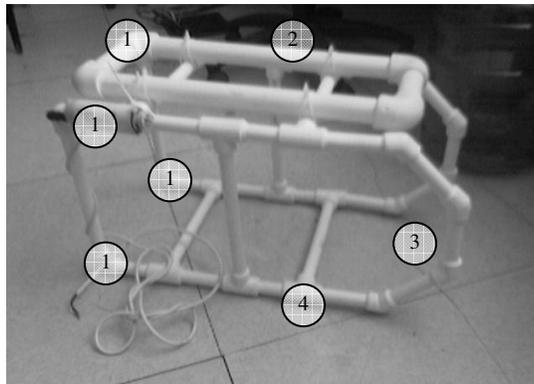
Après avoir terminé les expérimentations en piscine et en mer on a constaté que :

1. Il est impossible de contrôler le véhicule sans avoir un point de repère donc il est nécessaire d'avoir l'information de la direction et de la profondeur.
2. Il est difficile de garder le véhicule dans une position fixe même dans un environnement sans courant et la position frontale de la camera pose des problèmes pour visualiser un objet de près.
3. Le blocage du câble peut causer la perte totale du véhicule.
4. Les lampes de 20 Watts ne sont pas suffisantes dans les conditions de basse lumière.
5. Les moteurs de 100 Watts sont assez puissants pour résister aux petits courants.
6. Le système nécessite de l'équipement d'enregistrement et on peut seulement enregistrer la vidéo. L'enregistrement de la session doit contenir plus d'informations (temps, localisation, profondeur, direction, température).

### 3. CONCEPTION DE CI-DRAGON

#### 3.1. Caisse Extérieure

On a construit, dans une première étape, un prototype de caisse en thermoplaste pour un ROV d'observation qui sera utilisé dans les travaux de recherche à l'université, visant une profondeur maximale de 40 mètres (Figure 3.1). Cette conception avait l'avantage d'être très légère et était facile à construire. Après la collaboration avec Idéal Teknoloji la profondeur visée est devenu 150 mètres. On avait besoin d'une caisse en aluminium qui puisse résister à une telle profondeur et aux chocs.



(1 – Emplacement des moteurs, 2 – Tube d'air pour l'équilibre,  
3 – Emplacement de la camera, 4 – Thermoplast)

Figure 3.1: Premier conception de caisse pour CI-Dragon

On a donc décidé de faire des modifications sur la conception de VideoRay Scout. On a changé la conception de façon à avoir quatre moteurs et nous y avons ajouté une protection contre les chocs physiques (Figure 3.2).

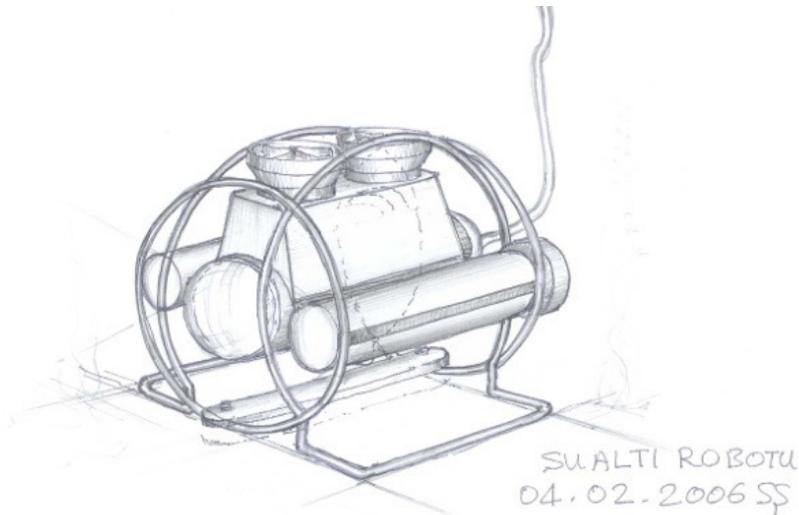


Figure 3.2: Modification de la conception de VideoRay Scout pour CI-Dragon,  
Dr. Seçil Satır, İdeal Teknoloji ©2006

Cette conception par contre était difficile à construire et donc aussi très couteuse. D'autre part elle ne résolvait pas le problème de visualisation de près des objets à la surface, et la visualisation du câble arrière. Nous avons décidé de recréer un modèle à zéro et nous avons eu l'idée d'utiliser un tube de plongée (Figure 3.3).

Cet équipement standard de plongée est très économique comparé aux autres conceptions et résiste à plus de 200 ATM et aux chocs.

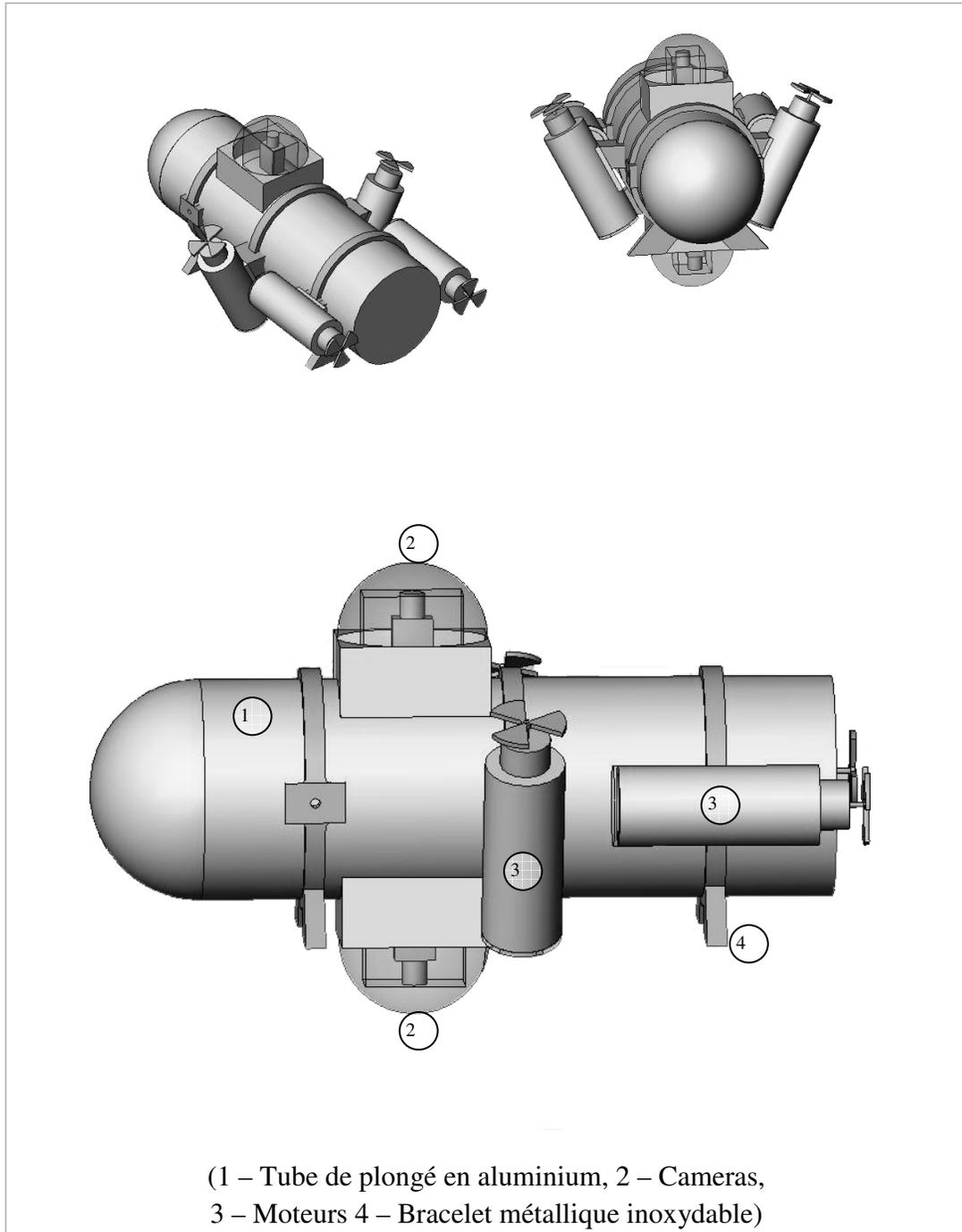


Figure 3.3: Modèles 3D de CI-Dragon

On a décidé d'attacher ensuite les moteurs et les cameras sur le tube par des bracelets métalliques inoxydables. De cette façon le montage ou le démontage du véhicule prendrait juste quelques minutes et nécessiterait seulement un tournevis. Avec cette conception modulaire de futures extensions peuvent être facilement ajoutées [12].

### 3.2. Cameras

Les ROV possèdent généralement une camera fixée devant. Mais d'après les expérimentations de VideoRay on a vu que la position frontale du camera pose des problèmes pour visualiser de près un objet. On doit se positionner en face et à un endroit horizontal chaque fois et cela n'est pas tout le temps possible en raison des irrégularités de la surface de la mer. On a donc décidé d'utiliser deux cameras qui peuvent tourner à 360° horizontalement et à 90° verticalement, l'une placée en haut et l'autre en bas du véhicule ce qui permet de voir tout l'environnement sans avoir besoin de faire de manœuvres (Figure 3.4). Cette configuration évite de trop s'approcher du sous-sol, et la camera placé en haut permet aussi de voir le câble arrière et facilite de retrouver l'endroit de déploiement initial.

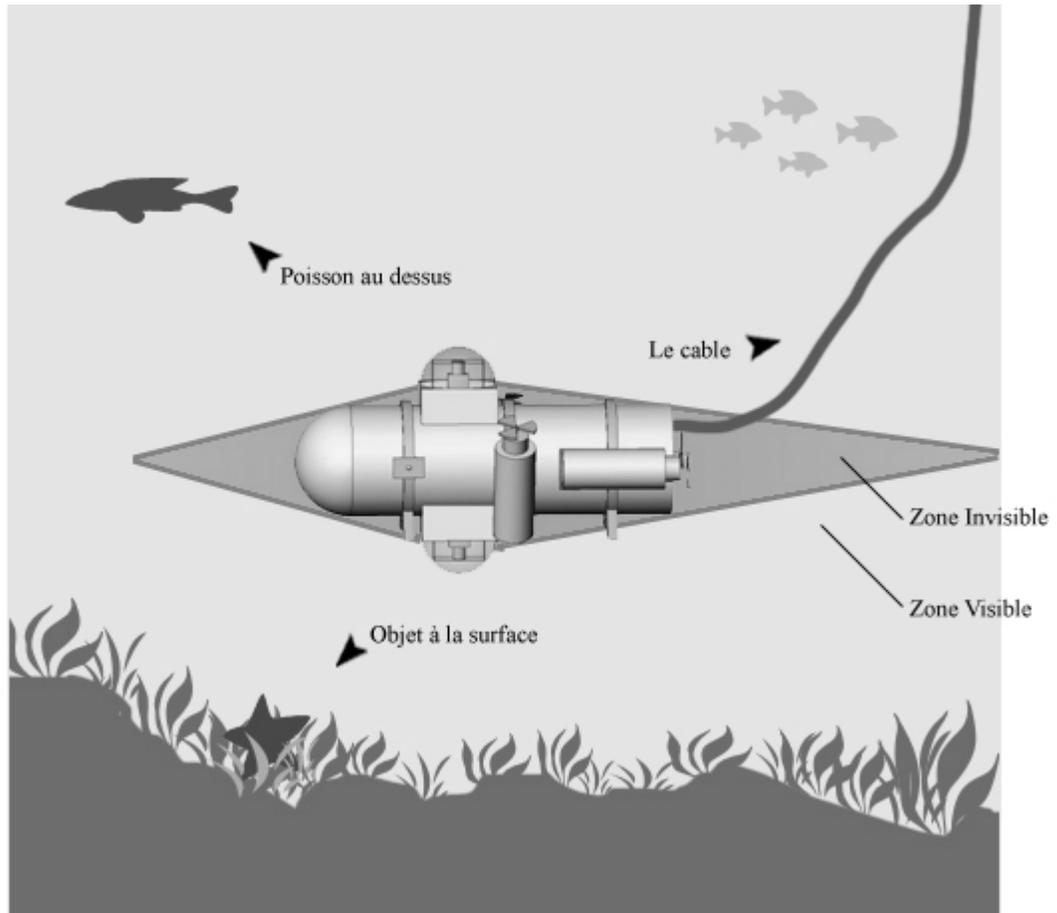


Figure 3.4: Zones visibles par les cameras

On a utilisé deux cameras PTZ Dome 106/M400X (Figure 3.5) qui possèdent le capteur SONY 1/3" COLOR Exview HAD CCD qui fournit des images de en couleur de 480 lignes de résolution avec une sensibilité de lumière 0.01 Lux. On a vu dans les expérimentations de VideoRay qu'une résolution de plus de 420 lignes est largement suffisante pour des applications d'observation. Les cameras sont alimentées avec 12V. La position est contrôlée avec un protocole basé sur RS485.



Figure 3.5: Dome Camera PTZ 106/M400X

### 3.3. Moteurs

Les moteurs sont une partie mécanique en mouvement, donc difficile à isoler. C'est pour cela, qu'ils sont un des composants les plus coûteux. Pour trouver une solution simple et économique on a injecté de l'huile dans les pompes à eau (Figure 3.6). De cette façon la pression interne et externe seraient les mêmes et il n'y aurait pas de problème d'isolation. Mais on a perdu beaucoup en puissance, et avec l'augmentation de la température interne l'huile a commencé à sortir du moteur. On n'a pas pu obtenir des bons résultats de ces expérimentations et on a donc décidé de construire une caisse en aluminium.



Figure 3.6: Expérimentations sur les moteurs

On utilise quatre moteurs dont deux sont utilisés pour le mouvement horizontal et deux pour le mouvement vertical pour augmenter la capacité de manœuvre. On a placé les moteurs verticaux avec un angle qui permet au véhicule d'aller à droite et à gauche sans pivoter. La configuration par défaut des moteurs pourrait bien sûr être changée grâce au montage modulaire. Par exemple dans une application qui nécessite de la vitesse, les quatre moteurs peuvent être placés tous horizontalement.

On a vérifié par les expérimentations de VideoRay des moteurs de 100W sont capables de faire avancer le véhicule dans un courant faible de 1-2 knots.



Figure 3.7: Moteur de CI-Dragon

Les moteurs sont montés dans un boîtier en aluminium de 22cm de long et de 5cm de diamètre. Le boîtier a une entrée de câble qui résiste à une pression de 25ATM. Une cartouche de protection, remplie d'huile, assure l'isolation de la sortie de l'axe du moteur à l'eau jusqu'à une profondeur de 150 mètres (Figure 3.3).

Des contrôleurs de moteur, Sprint Electric 200XLV, sont utilisés pour régler la vitesse des moteurs à partir des signaux de référence venant du circuit de contrôle. Ils protègent les moteurs contre les surcharges et permet un arrêt progressif des moteurs en cas de demande de changement brusque de direction.

### 3.4. Eclairage

Chaque boîtier de moteur a une lampe placée à l'avant. Ceci permet d'économiser du matériel et de la place sur le véhicule (Figure 3.4). Dans les plus part des configurations concevables avec CI-Dragon cette forme d'éclairage est avantageuse pour les cameras. En cas de nécessité, un module d'éclairage auxiliaire peut être ajouté.



Figure 3.8: Lampe à l'avant du moteur

Les expérimentations de VideoRay ont mis en évidence que les lampes de 20 Watts fournissent un éclairage insuffisant après une profondeur de 15 mètres. CI-Dragon possède des lampes halogènes de 50Watts. Grâce à l'angle des moteurs verticaux l'objet en dessous de la camera du bas est éclairé directement des deux côtés. Les lampes sont alimentées avec 220VAC

### **3.5. Capteurs**

Les expérimentations avec VideoRay ont démontré que la perception visuelle seule ne permet pas une navigation correcte sous l'eau. On perd la notion de mouvement et de direction à cause des courants et de l'absence d'un point de référence. CI-Dragon est donc équipé d'un capteur de pression pour mesurer la profondeur et d'une boussole pour obtenir l'orientation. Une deuxième boussole est placée à côté de l'opérateur. Grâce à elle on peut trouver la direction relative de CI-Dragon par rapport à l'opérateur.

Il est aussi important de garder les informations d'une expédition pour une meilleure révision du travail. La localisation exacte, le temps, la profondeur et la température de l'eau sont des informations importantes à garder.

#### **3.5.1. Température**

Le capteur de température fonctionne entre  $-40^{\circ}$  et  $+80^{\circ}$  Celsius et fournit une sortie analogique. Le voltage est ensuite converti par le circuit électronique de contrôle qui se trouve sur le véhicule. Comme l'aluminium possède une grande conductivité thermique le senseur est attaché à la surface intérieure de la caisse.

### 3.5.2. GPS (Global Positioning System) et Temps

L'absorption électromagnétique de l'eau ne permet pas l'utilisation du GPS sous l'eau. Le capteur GPS est intégré dans le circuit électronique qui se trouve dans le module de contrôle à la surface. Le capteur fournit la localisation exacte de l'endroit d'expédition et le temps atomique. Les données sont récupérées avec une fréquence de 0.2Hz sous forme d'une chaîne de caractère avec un protocole de communication basée sur RS485.

### 3.5.3. Pression

La pression sous l'eau augmente linéairement de 1 ATM tous les 10 mètres de profondeur. On utilise donc un capteur qui mesure la pression pour calculer la profondeur actuelle du véhicule.



Figure 3.9: Capteur de pression WIKA P-10

Le capteur de pression : WIKA P-10 (Figure 3.5) est une solution économique pour la mesure de la pression sous l'eau. Dans le cas de CI-Dragon, il est placé à l'intérieur de la caisse principale avec une connexion extérieure. Il est alimenté avec 30V et donne à la sortie un signal analogique sous format de courant entre 4 en 20 mA. Ce courant est passe sur une résistance pour être convertir à un voltage entre 0 et 10V. Ce signal est

ensuite capté par le circuit de contrôle qui se trouve sur le véhicule. Ce signal est ensuite converti et est envoyé à l'ordinateur à la surface. La sensibilité de 30 cm à une profondeur maximale de 150 mètres est suffisante pour des applications générales.

#### 3.5.4. Boussole

CI-Dragon est équipé d'une boussole électronique TD-CMP02 (Figure 3.6) qui fournit non seulement la direction mais aussi la rotation horizontale et verticale. La boussole utilise deux capteurs KMZ51 et un capteur ADXL320. Les données sont transmises au circuit de commande du véhicule sous la forme d'une chaîne de caractères avec le protocole I<sup>2</sup>C.

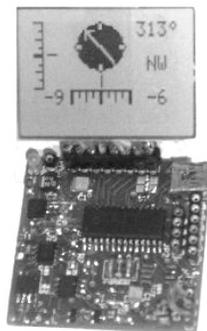


Figure 3.10: Boussole TD-CMP02

Une deuxième boussole se trouve à côté de l'opérateur. Grâce à celui-ci, on peut calculer l'orientation relative du véhicule, ce qui apporte une grande facilité à l'utilisateur pour la navigation.

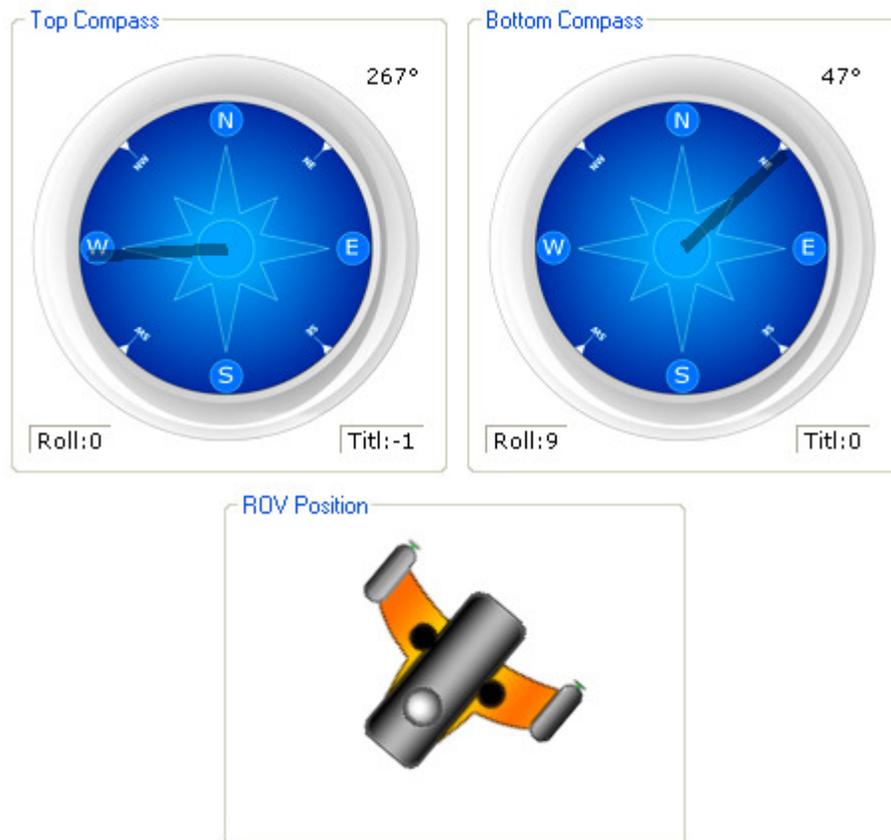


Figure 3.11: Détermination de la position relative du véhicule par le logiciel

### 3.6. Câble

Le câble de CI-Dragon transmet l'alimentation, le signal vidéo, les commandes de l'opérateur et les données des capteurs. On a décidé d'utiliser un câble de 250 mètres ce qui permet au véhicule de se déplacer dans un cercle de rayon de 200 à 150 mètres de profondeur. A partir de 100 mètres de longueur de câble, l'utilisation d'Ethernet pour transférer les données n'est pas fiable. D'autre part les câbles optiques sont très fragiles et chères. On a donc utilisé RS485, un protocole de communication standard, utilisé dans les usines pour contrôler des machines à grande distance. Le câble utilisé est donc formé de deux sous-câbles collés entre eux dont le premier est un câble coaxial qui transmet le signal vidéo venant du camera du CI-Dragon et le deuxième est formé

de quatre sous câbles. De ces quatre câbles deux sont réservés à l'alimentation et deux à la communication RS485 [6].

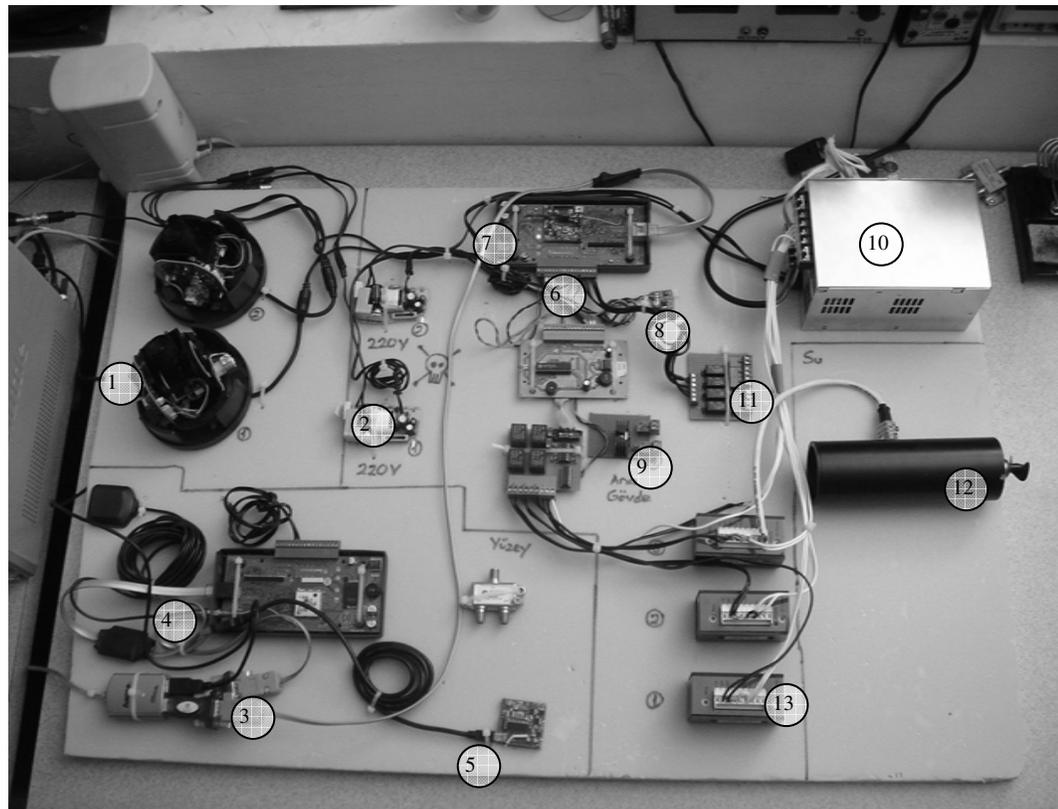
### **3.7. Alimentation**

Pour éviter la perte de puissance due aux grandes distances le système est alimenté avec 220VAC au lieu d'un courant continu. A la surface un adaptateur de 12V 0.5A est utilisé pour l'unité de contrôle. L'ordinateur est alimenté avec 220VAC et a besoin d'une puissance de 350 Watts. Sur le véhicule un adaptateur de 12V 0.5A alimente les circuits électroniques, un adaptateur de 48V 8A alimente les moteurs. Les lampes sont directement alimentées avec 220VAC.

Un générateur à essence qui fournit 220VAC peut être utilisé quand nécessaire. Le générateur doit pouvoir fournir au moins une puissance de 1kWatt.

### **3.8. Architecture de Contrôle**

Après avoir fini les travaux de conception on a commencé l'assemblage et la construction de l'architecture de contrôle. On a divisé l'environnement de travail en deux : la surface et l'eau [13] [14]. Comme on avait placé des composants du système dans les deux environnements on a décidé d'utiliser deux unités de commandes, une sur le véhicule et l'autre à la surface qui permettent de contrôler les périphériques et de récupérer les données des capteurs [15].



(1 – Cameras, 2 – Adaptateurs 12V, 3 – GPS, 4 – DragonBox Top, 5 – Boussole, 6 – Boussole, 7 – DragonBox Bottom, 8 – Capteur de température, 9 – Sélection du camera, 10 – Convertisseur 48V, 11 – Contrôle des lampes, 12 – Moteur, 13 – Contrôleur de Moteur)

Figure 3.12: Les composants de CI-Dragon

### 3.8.1. Unités de Contrôle

CI-Dragon possède trois unités de communication et de contrôle: l'ordinateur, l'unité de contrôle surface (DragonBox Top) et l'unité de contrôle véhicule (DragonBox Bottom) (Figure 3.8). Les unités de contrôle sont utilisées par l'ordinateur pour

contrôler les périphériques et lire les données des capteurs. Un circuit programmable développé par Idéal Teknoloji est utilisé en tant qu'unité de contrôle. Le circuit possède trois entrées analogiques (0-10V, 0-20mA) et cinq sorties TTL.

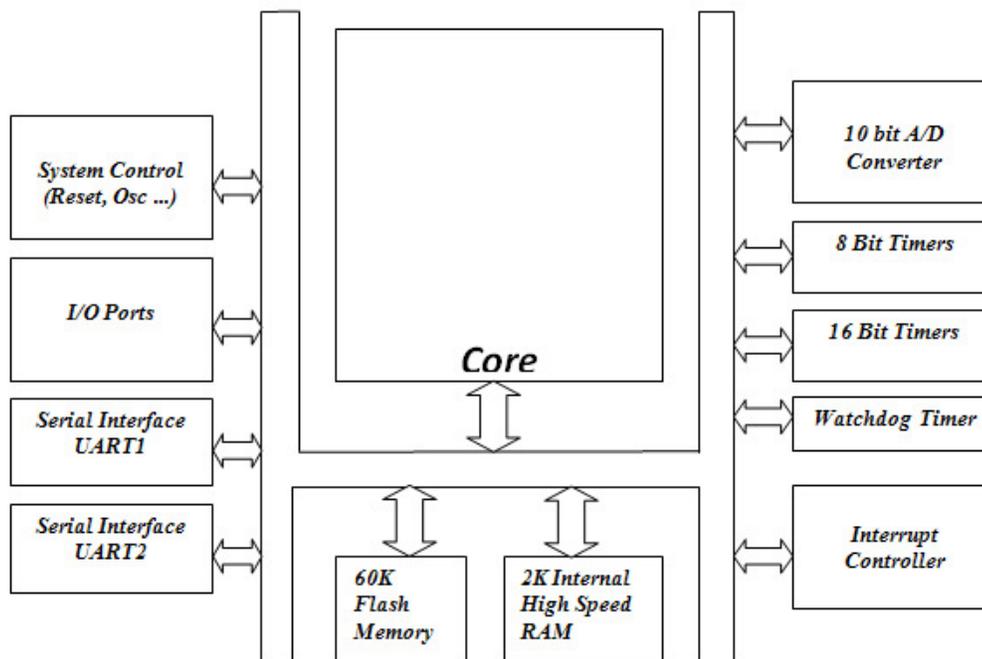


Figure 3.13: Architecture du circuit fournit par Idéal Teknoloji, Idéal Teknoloji ©2006

Les unités de contrôle sont connectées à l'ordinateur par le port série et communiquent avec un protocole basé sur RS232 à la vitesse de 115 200 bps. Un convertisseur RS485 est utilisé entre l'ordinateur et l'unité de contrôle véhicule pour pouvoir porter le signal RS232 de l'ordinateur sur le câble de 250 mètres de long.

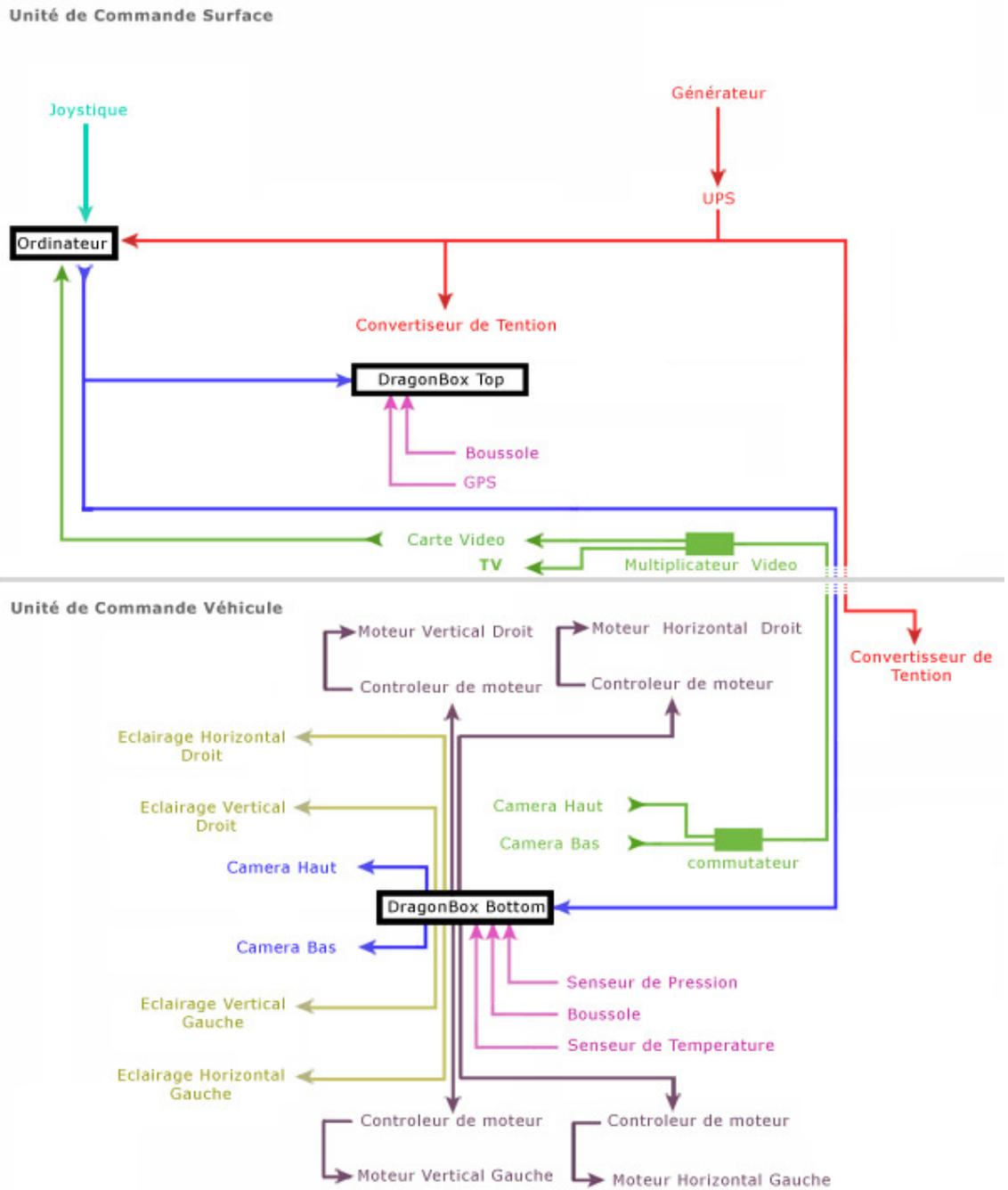


Figure 3.14: Diagramme de contrôle et d'alimentation

### **3.8.1.1. Unité de Contrôle Véhicule**

L'unité de contrôle véhicule (DragonBox Bottom) a le contrôle sur tous les périphériques du véhicule. Elle contrôle avec un circuit de relais les quatre lampes situées devant les moteurs. Elle transmet les commandes de rotation verticale et horizontale aux cameras et fait la sélection du camera avec un autre circuit de relai. Elle envoie un signal de référence à chaque contrôleur de moteur pour contrôler la vitesse des moteurs. Les données des capteurs (direction, température et pression) sont lues sur les entrées analogues à 1Hz et sont directement transmises vers l'ordinateur. L'unité est très extensible et peut être reconfigurée pour l'ajout d'autres moteurs, cameras et capteurs.

### **3.8.1.2. Unité de Contrôle Surface**

L'unité de contrôle surface (DragonBox Top) possède un GPS intégré. En plus de cela une boussole électronique lui est attachée. L'unité lit les données venant du GPS et de la boussole et les transmet chaque seconde à l'ordinateur.

### **3.8.1.3. Ordinateur**

L'ordinateur utilise les unités de contrôle pour contrôler les périphériques et lire les données des capteurs. Le logiciel de contrôle de CI-Dragon prend les commandes de l'opérateur et les transmet à une fréquence de 4Hz aux unités de commande. La puissance de chaque moteur, la camera choisie, et le contrôle de l'éclairage est envoyé.

L'ordinateur communique avec chaque unité sur un port série différent. Un logiciel serveur est utilisé pour contrôler le flux de données sur les ports série. Le logiciel serveur ouvre un socket et attend les commandes sur le port 15672 de l'ordinateur. Il transmet ensuite les messages reçus sur ce port à l'unité de contrôle en question. De la même façon les données arrivant aux ports séries sont retransmises au port 15672. Cette architecture de transmissions des données permettra de transmettre directement les données sur internet ou sur GPRS ou de contrôler le véhicule à distance dans l'avenir.

### 3.8.2. Protocole de Communication

Un protocole de communication extensible a été créé pour communiquer avec les boîtiers de contrôle. Les messages sont envoyés sous forme d'une chaîne de caractères au serveur. Chaque message contient un destinataire *SubNodeID* une tâche *Task*. Des paramètres et des actions peuvent y être ajoutés. Les messages sont ensuite interprétés par le serveur et transmis au port série de l'unité de contrôle destinataire. L'unité de contrôle exécute ensuite la tâche demandée et envoie un message d'*Acknowledgement*. Ce message de retour peut contenir des informations par exemple dans le cas de la lecture des valeurs des capteurs.

Quelques exemples de messages :

- Lecture d'une valeur de capteur :  
SubNodeID=0,Task=GetINValues,IN=0
- Allume les lampes :  
SubNodeID=0,Task=SetOUTValues,OUT=0123,Action=On
- Puissance des moteurs à 50% :  
SubNodeID=1,Task=SetOUTValues,OUT=0123,Action=Analog,OUTValue=50

- Lecture de la boussole :  
SubNodeID=0,Task=SDRead,SD=RAM,SDXN=1,SDSeg=0,SDOff=62752,SD  
Len=6
- Tourne le camera à gauche:  
SubNodeID=1,Task=TxAUXCOMData,Data=7FFF0311030114235931f23334  
3536

### **3.9. Logiciel de contrôle**

Le logiciel de contrôle a été conçu pour fonctionner sous Windows XP. Il a été programmé en C# et utilise .Net Framework 2.0. DirectX 9.0 est utilisé pour la capture et l'enregistrement vidéo et pour le contrôle du joystick. .Net Framework 2.0 et DirectX 9.0 sont des bibliothèques gratuites qui peuvent être téléchargées sur le site internet de Microsoft.

Le logiciel de contrôle crée à son lancement un thread serveur qui est utilisé pour contrôler le flux de données sur les ports série. Le thread serveur s'occupe de la bonne transmission et réception des messages entre l'ordinateur et les unités de contrôle. Le logiciel vérifie ensuite la connexion avec les unités de commande. Si le Joystick est connecté le logiciel initialise la carte de capture vidéo et commence à recevoir le signal vidéo. Les commandes venant du joystick sont interprétées et le message correspondant est envoyé à l'unité de commande concernée. Les valeurs des capteurs sur l'interface graphique sont actualisées à la réception d'une valeur.

### 3.9.1. Interface Graphique

L'interface graphique a été conçue pour être la plus simple possible à comprendre et à utiliser. Des icônes illustrent chaque fonctionnalité et sont mise en surbrillance quand la fonctionnalité est activée. Les indicateurs de puissance des moteurs et l'indicateur de température utilisent des codes couleur allant de bleu au rouge.

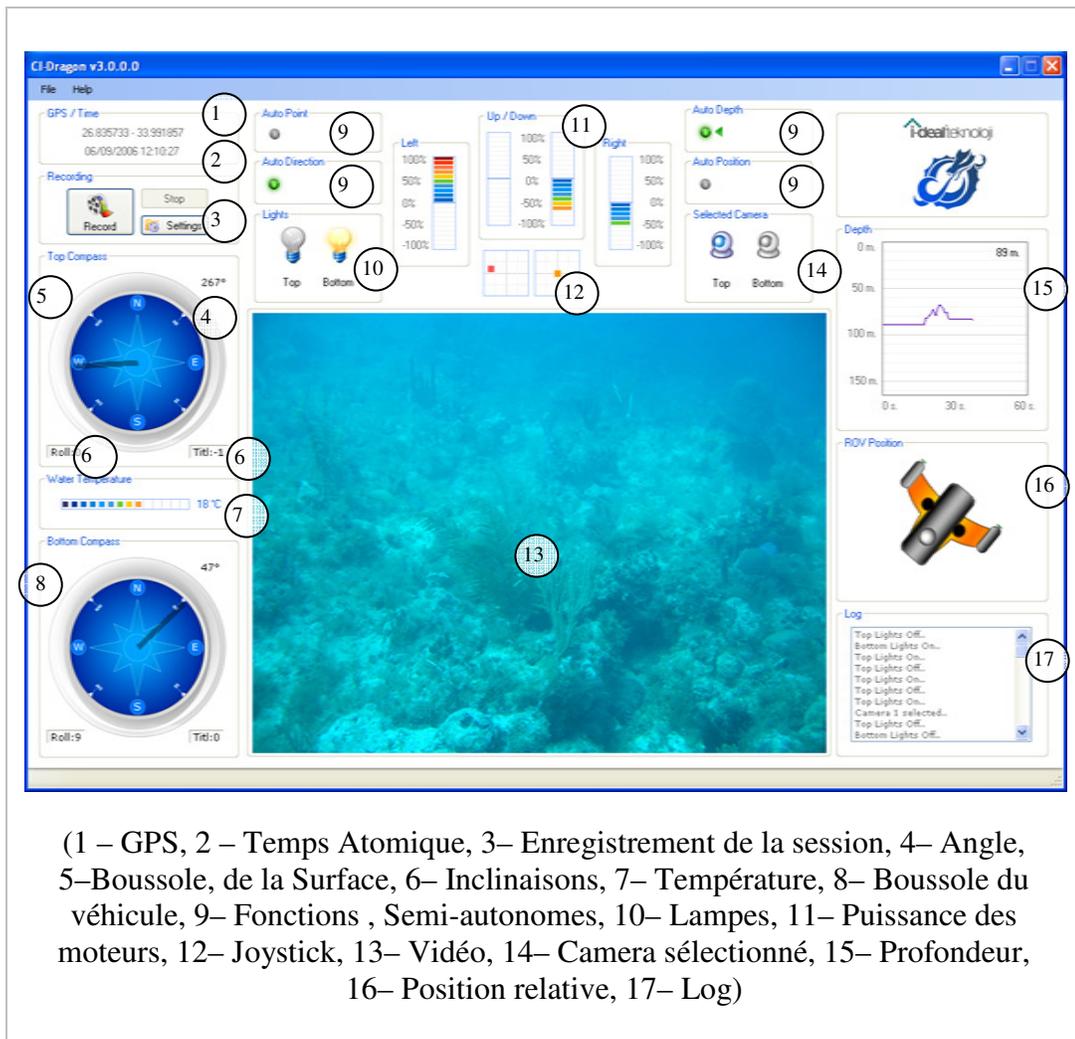


Figure 3.15: Interface graphique du logiciel de contrôle

La profondeur actuelle du véhicule est affichée dans la partie droite de l'interface . Un graphique montre le changement de la profondeur dans les 60 dernières secondes. La couleur du graphique change avec l'augmentation de la profondeur et devient rouge pour attirer l'attention de l'opérateur qui s'approchant de la limite de 150 mètres. La température est montrée dans la partie gauche en degrés Celsius. Les deux boussoles bleues, aussi dans la partie gauche, montrent la direction de l'opérateur et celle du véhicule. Les rotations verticales et horizontales sont aussi indiquées. A partir de ces deux boussoles la direction relative du CI-Dragon est calculée et montrée avec l'image du véhicule vu de dessus, dans la partie droite de l'interface. L'opérateur peut donc voir la direction dans la quelle avance le véhicule juste en regardant cette image. Les deux icones de lampes indiquant le statut des lampes. Les indicateurs en pourcentage de puissance appliqués aux moteurs sont placés au milieu, montrant aussi la position actuel des bras du joystick. Les icones de camera indiquant la camera sélectionnée (Figure 3.9).

### **3.9.2. Enregistrement de la session**

Le logiciel possède une fonctionnalité qui permet d'enregistrer la vidéo et en même temps tous le flux de données. La vidéo est enregistrée sous format AVI et les données sous forme d'un fichier texte. Les données enregistrées contiennent le numéro de l'image à la quelle ils appartiennent. A partir de ces deux fichiers enregistrés un Vidéo-CD peut être créé et les données peuvent être visualisées en tant que sous titre. Ce qui facilite la distribution et la visualisation du travail. Ils peuvent aussi être utilisés dans le logiciel de contrôle en mode de simulation pour revoir toutes les actions et les données d'une session de travail.

Le système possède aussi un commutateur de vidéo à la surface qui permet d'avoir la vidéo non seulement sur l'ordinateur mais aussi sur d'autres équipements comme une télévision ou enregistreur vidéo.

### 3.9.3. Contrôle du Véhicule

Le logiciel traite les informations venant du joystick et transmet les messages aux boîtiers de commandes. Le joystick est divisé en deux parties du point de vue fonctionnalité (Figure 3.10). La partie gauche contrôle les moteurs. La sensibilité du contrôle peut être choisie et le bras ou le pad peut être utilisé pour avancer le véhicule et contrôler sa direction. Les deux boutons en haut permettent de contrôler les moteurs verticaux donc la profondeur. La partie droite du joystick est utilisée pour le contrôle de la camera et d'autres périphériques. Le bras droit contrôle la position vertical et horizontale de la camera sélectionnée. La camera peut être changée avec les touches de fonctions. Les deux boutons du haut sont utilisés pour faire un zoom digital sur l'image actuelle. On peut aussi contrôler l'éclairage et activer les fonctions autonomes grâce aux boutons de fonction.

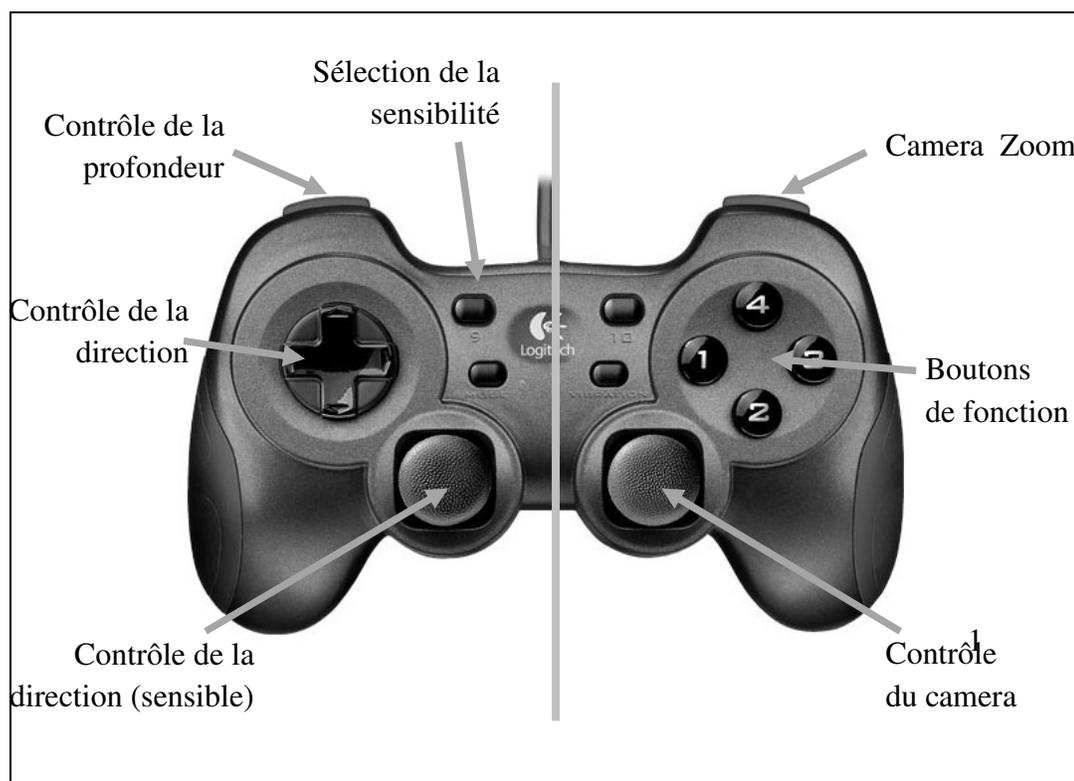


Figure 3.16: Commandes du Joystick

### 3.9.4. Fonctions Autonomes

Les fonctions autonomes ont été implémentées dans le logiciel pour faciliter la tâche de l'opérateur et augmenter l'utilisabilité du CI-Dragon. En utilisant les fonctions autonomes l'opérateur peut laisser au logiciel de s'occuper de certaines tâches qui sont difficiles à faire manuellement.

#### 3.9.4.1. Auto-Profondeur

Grâce à cette fonction la profondeur du véhicule peut être contrôlée automatiquement (Figure 3.11). Quand la fonction est activée, les moteurs verticaux sur le joystick sont désactivés. La fonction garde en mémoire la profondeur P en mètre et compare chaque seconde avec les données venant du capteur de pression (Figure 3.12).

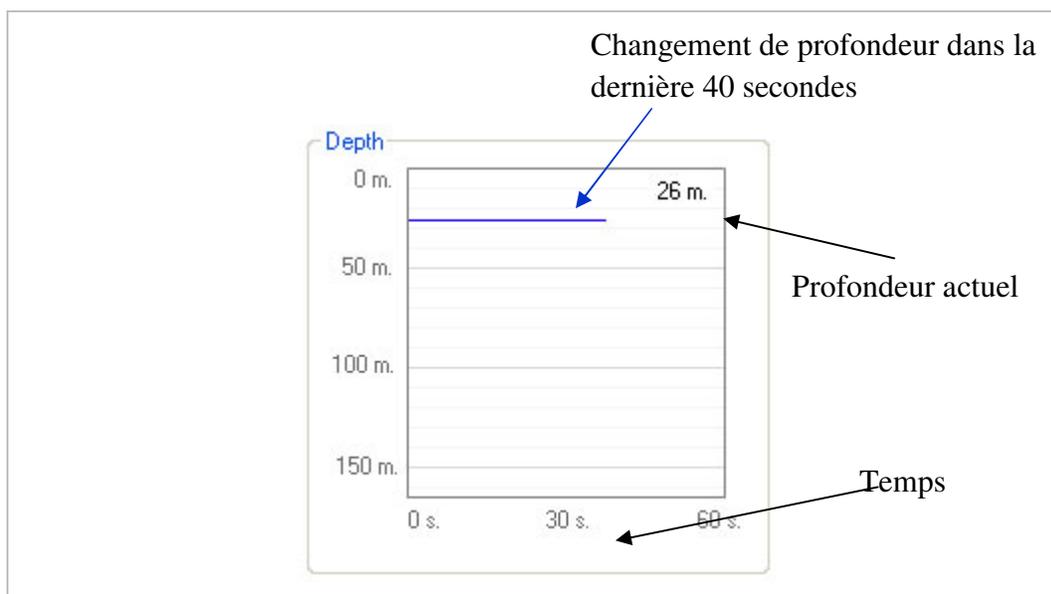


Figure 3.17: L'état initial du moniteur de profondeur

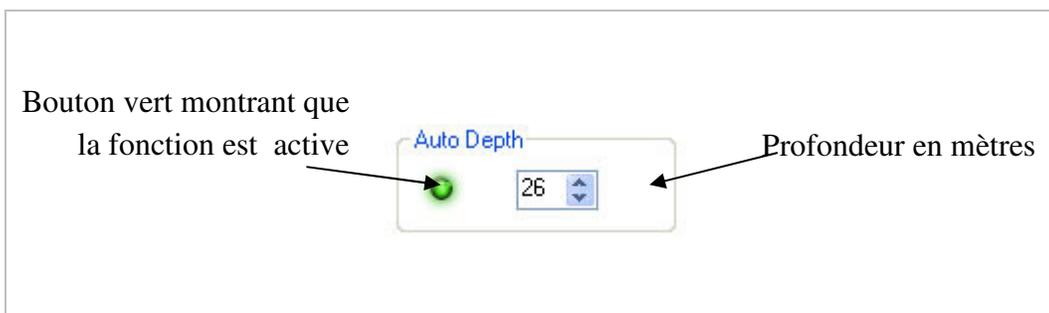


Figure 3.18: Fonction auto profondeur fixé a 26 mètres

S'il y a un changement dans la profondeur actuel  $P_a$  de plus de 1 m (Figure 3.13) les moteur verticaux sont activés avec une puissance de  $k * (P_a - P)$  pourcent (Figure 3.14) jusqu'au moment ou le véhicule retourne a la profondeur voulu (Figure 3.15) la ou  $P_a = P$ .  $k$  est par défaut égale à 20 mais peut être modifié. La fonction de contrôle peut aussi être reprogramme de façon non-linéaire [16].

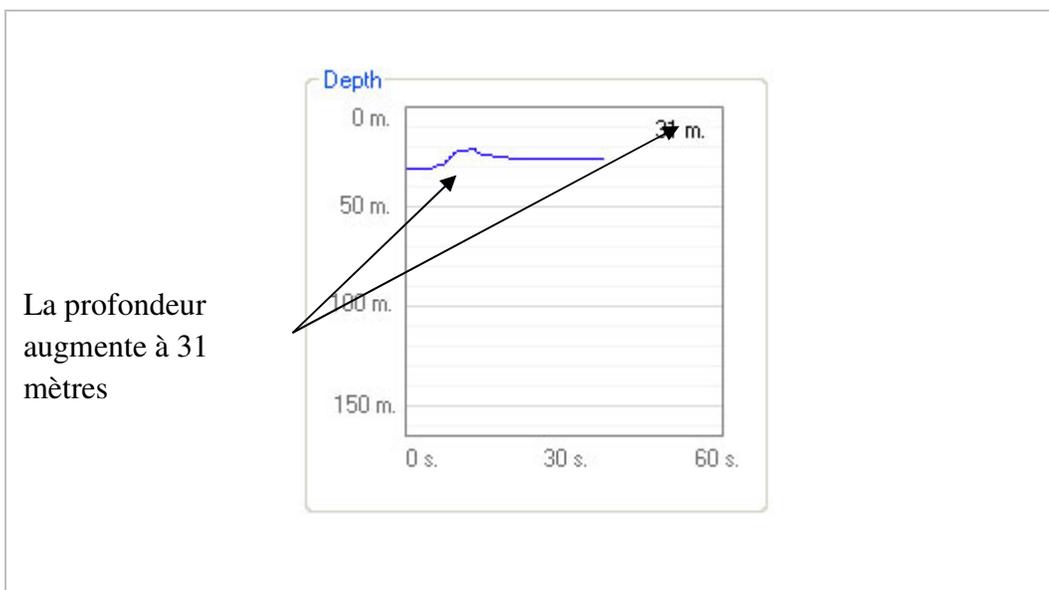


Figure 3.19: Changement de profondeur

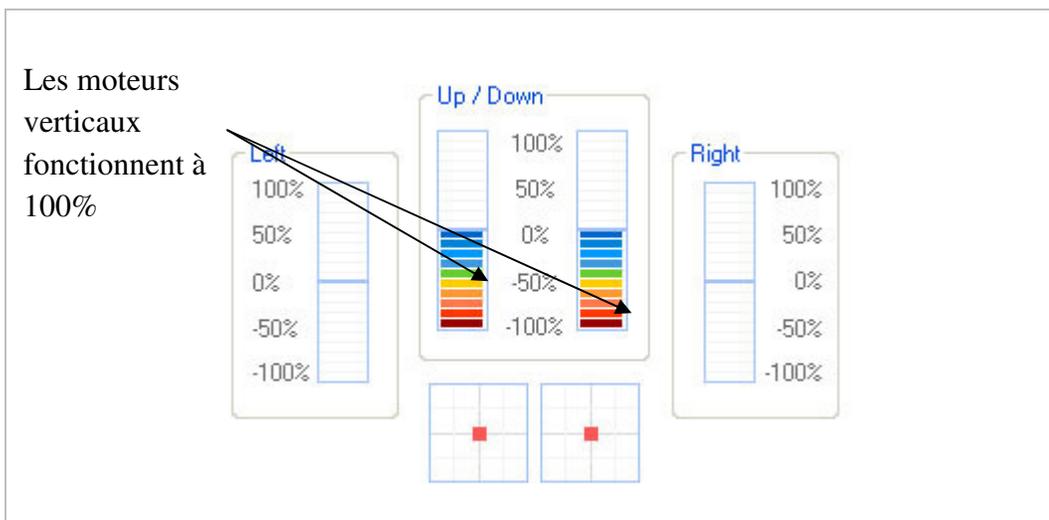


Figure 3.20: Les moteurs qui sont activés par la fonction d'auto-profondeur

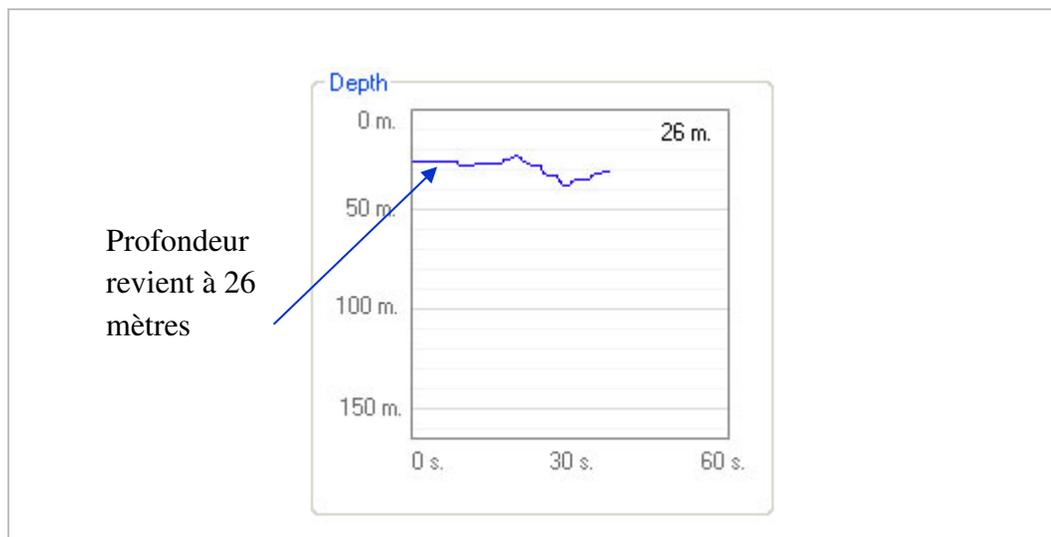


Figure 3.21: La fonction ajuste automatiquement la profondeur

### 3.9.4.2. Auto-Direction

Auto direction fonction avec le même principe qu'auto profondeur. Une fois la fonction est activé les moteurs horizontaux sont désactivés sur le joystick. La direction initiale D en radiant est enregistré en mémoire (Figure 3.16) et comparé avec les données venant de la boussole sur le véhicule (Figure 3.17).

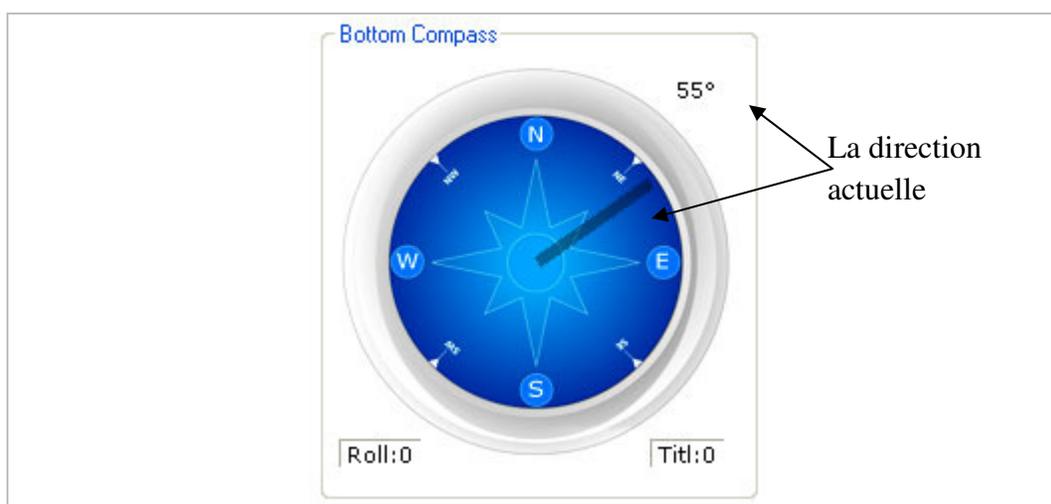


Figure 3.22: Boussole du véhicule



Figure 3.23: La fonction auto-direction fixé a 55 degré

S'il y a un changement dans la direction actuelle  $D_a$  (Figure 3.18) la moteur horizontale gauche est activé avec une puissance de proportionnel a la différence des angles en radiant et le moteur droit dans le sens inverse avec la même puissance (Figure 3.19) jusqu'au moment ou le véhicule retourne à la direction voulu la où  $D_a = D$  (Figure 3.20).



Figure 3.24: Changement de la direction du véhicule

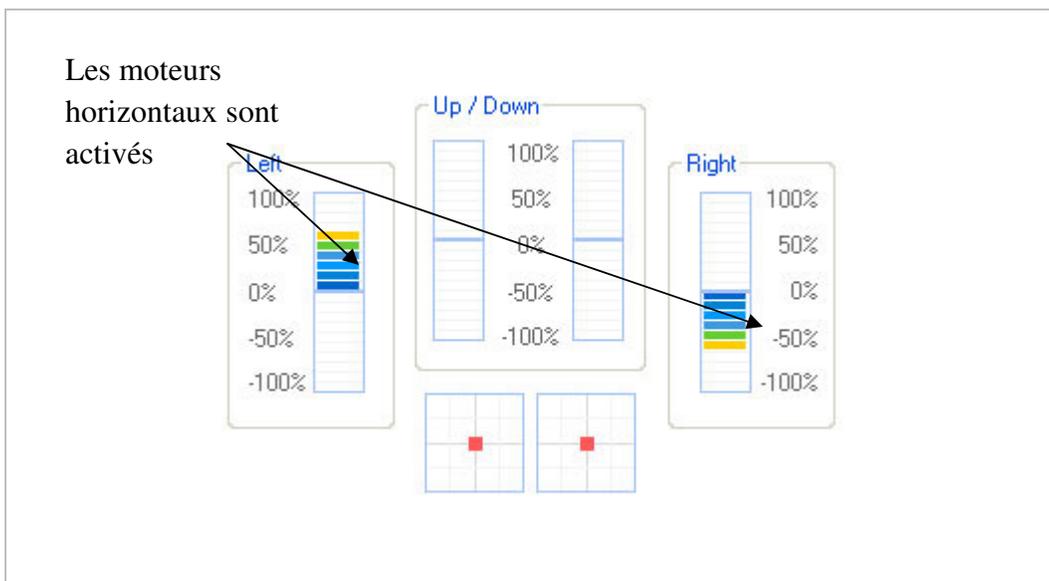


Figure 3.25: Les moteurs sont activés par la fonction d'auto-direction

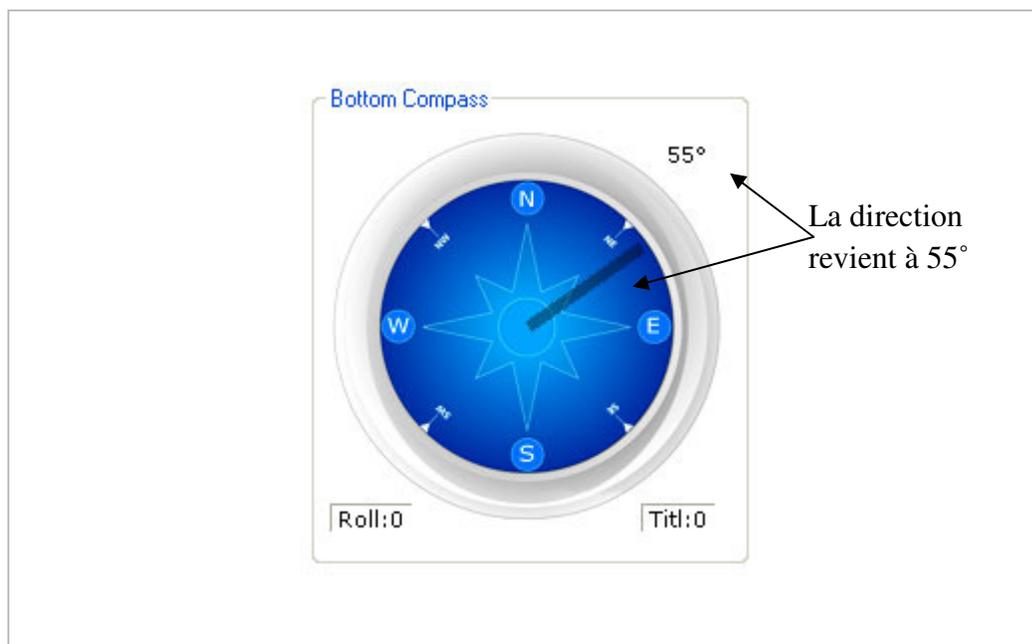


Figure 3.26: La fonction auto-direction remet le véhicule dans la direction voulu

### 3.9.4.3. Suivre une Ligne

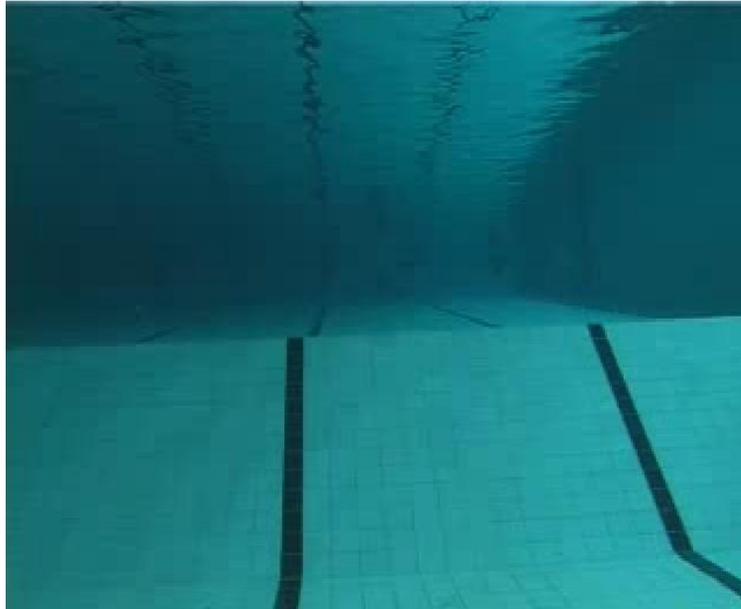


Figure 3.27: L'image originale pour le suivi de ligne

En activant la fonction l'opérateur peut faire suivre une ligne au véhicule automatiquement. La fonction est conçue pour faciliter l'inspection des oléoducs. Une fois activée elle peut déterminer les lignes apparentes dans l'image et la direction qu'il faut suivre.

Le point difficile dans cette opération est la détermination dynamique de la valeur de seuil pour l'extraction des lignes. Comme on cherche une différence d'intensité dans l'image, celui-ci est d'abord convertie de l'espace colorimétrique RVB (Rouge Vert Bleu) en espace colorimétrique TSV (teinte, saturation, valeur) de la façon suivant :

Soit  $H, S, V, R, G, B$  respectivement pour teinte, saturation, valeur, rouge, vert, bleu avec,

$$H \in [0,360]$$

$$S, V \in [0,1]$$

$$R, G, B \in [0,255]$$

(3.1)

Soit  $MAX$  égal au maximum des valeurs ( $R, V, B$ ), et  $MIN$  égal au minimum de ces valeurs.

On a :

$$H = \begin{cases} \text{pas defini, si } MAX = MIN \\ 60 \times \frac{G-B}{MAX-MIN}, \text{ si } MAX = R \text{ et } G \geq B \\ 60 \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 360, \text{ si } MAX = R \text{ et } G \leq B \\ 60 \times \frac{B-R}{MAX-MIN} + 120, \text{ si } MAX = G \\ 60 \times \frac{R-G}{MAX-MIN} + 120, \text{ si } MAX = B \end{cases}$$

$$S = \begin{cases} 0, \text{ si } MAX = 0 \\ 1 - \frac{MIN}{MAX}, \text{ sinon} \end{cases}$$

$$V = \frac{MAX}{255}$$

(3.2)

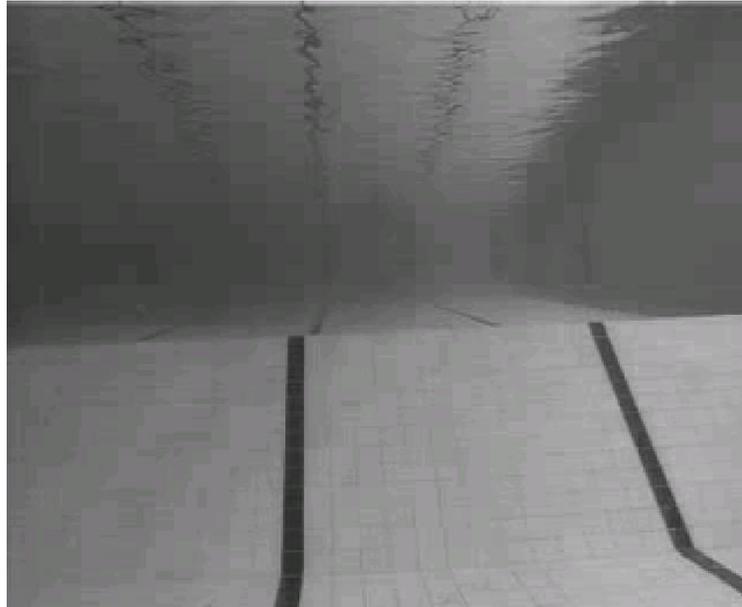


Figure 3.28: Saturation de l'image dans l'espace colorimétrique TSV

Pour déterminer la valeur de seuil sur l'image de saturation dynamiquement l'algorithme suivant est utilisé :

```

gray_histo_abs (Image, Histo) (1)
for Sigma := 0.1 to 20 by 0.5
  smooth_funct_1d_gauss (Histo, Sigma, SmoothedFunction) (2)
  local_min_max_funct_1d (SmoothedFunction', Min, Max) (3)
  if ( |Max| = 2) (4)
    for j := 0 to |Min| by 1
      if ((Min[j] > Max[0]) and (Min[j] < Max[1])) (5)
        Threshold := Min[j]
        return ()
      endif
    endfor
  endif
endfor
endfor

```

1. L'histogramme de l'image est calculé (Figure 3.23).

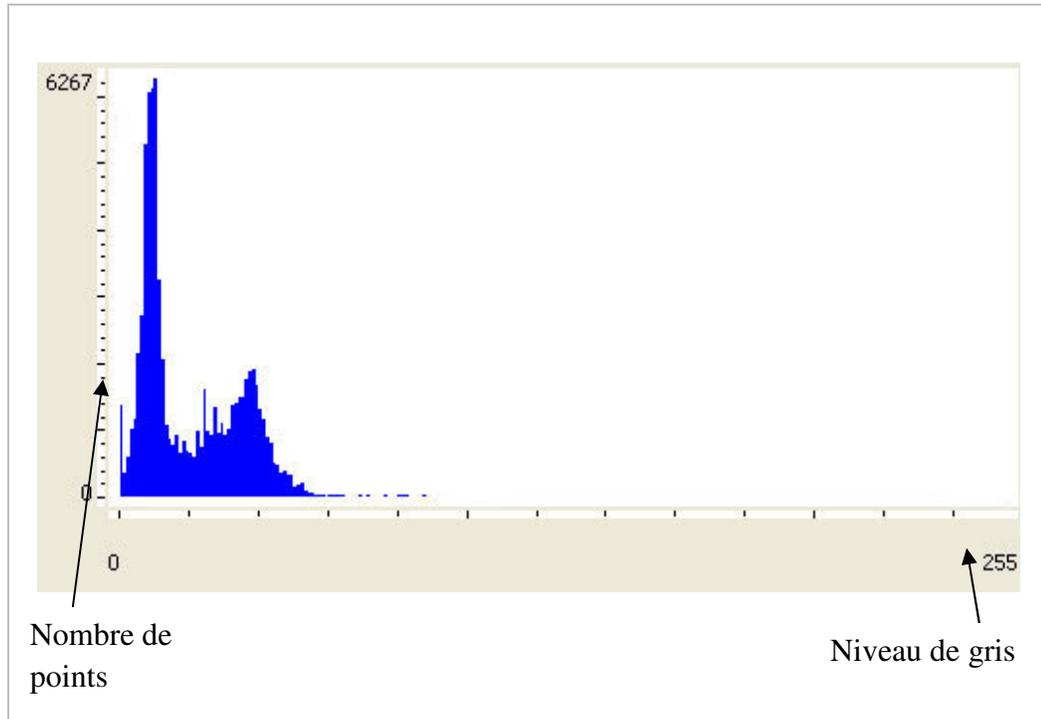


Figure 3.29: L'histogramme de l'image

2. L'histogramme est lissé avec une fonction gaussienne de sigma 0.1
3. Les maximaux et minimaux locaux sont calculés.
4. L'opération de lissage est répétée avec un sigma allant de 0.1 à 20 augmentant par 0.5 jusqu'à l'obtention de seulement deux maxima (Figure 3.24).

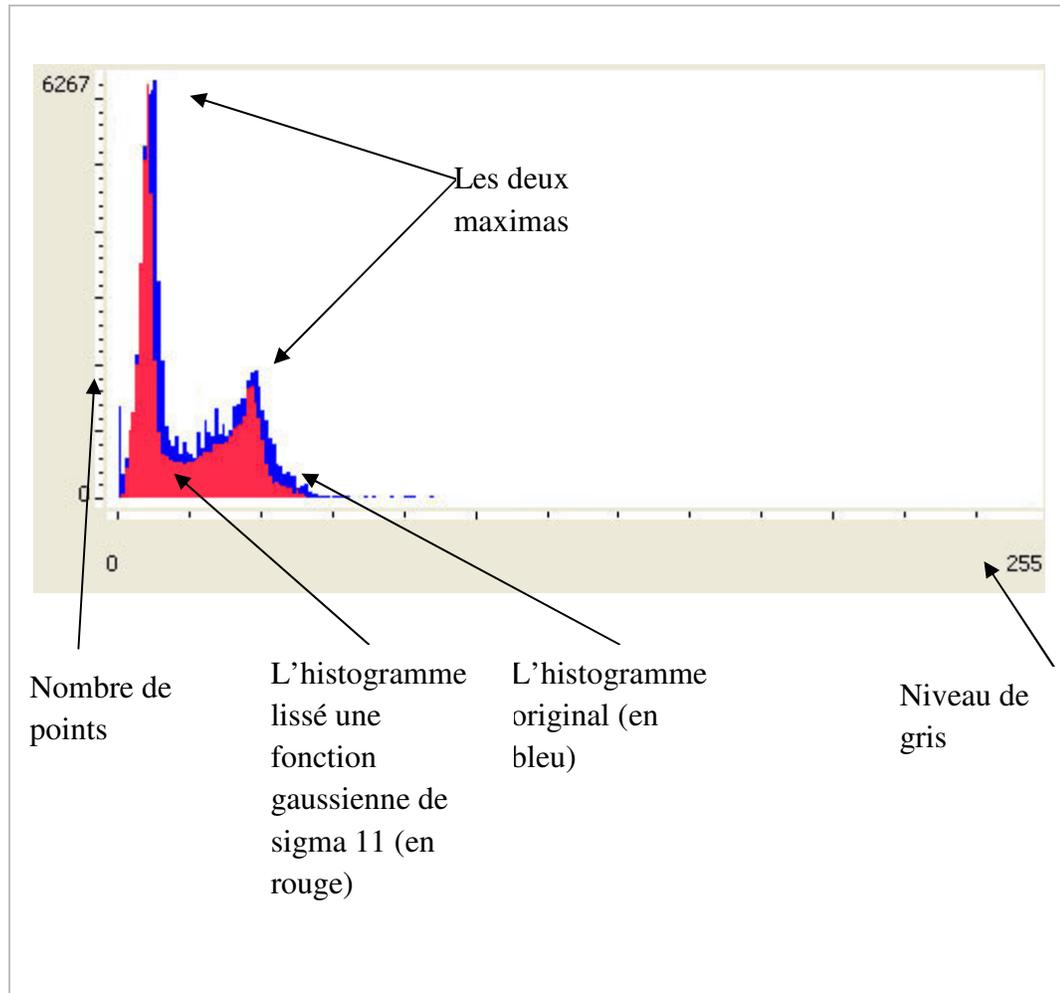


Figure 3.30: L'histogramme de l'image lissé avec une fonction gaussienne de sigma 11

5. Une fois les deux maximas sont obtenu la valeur de seuil est calculé en prenant le minima local entre les deux maximas.

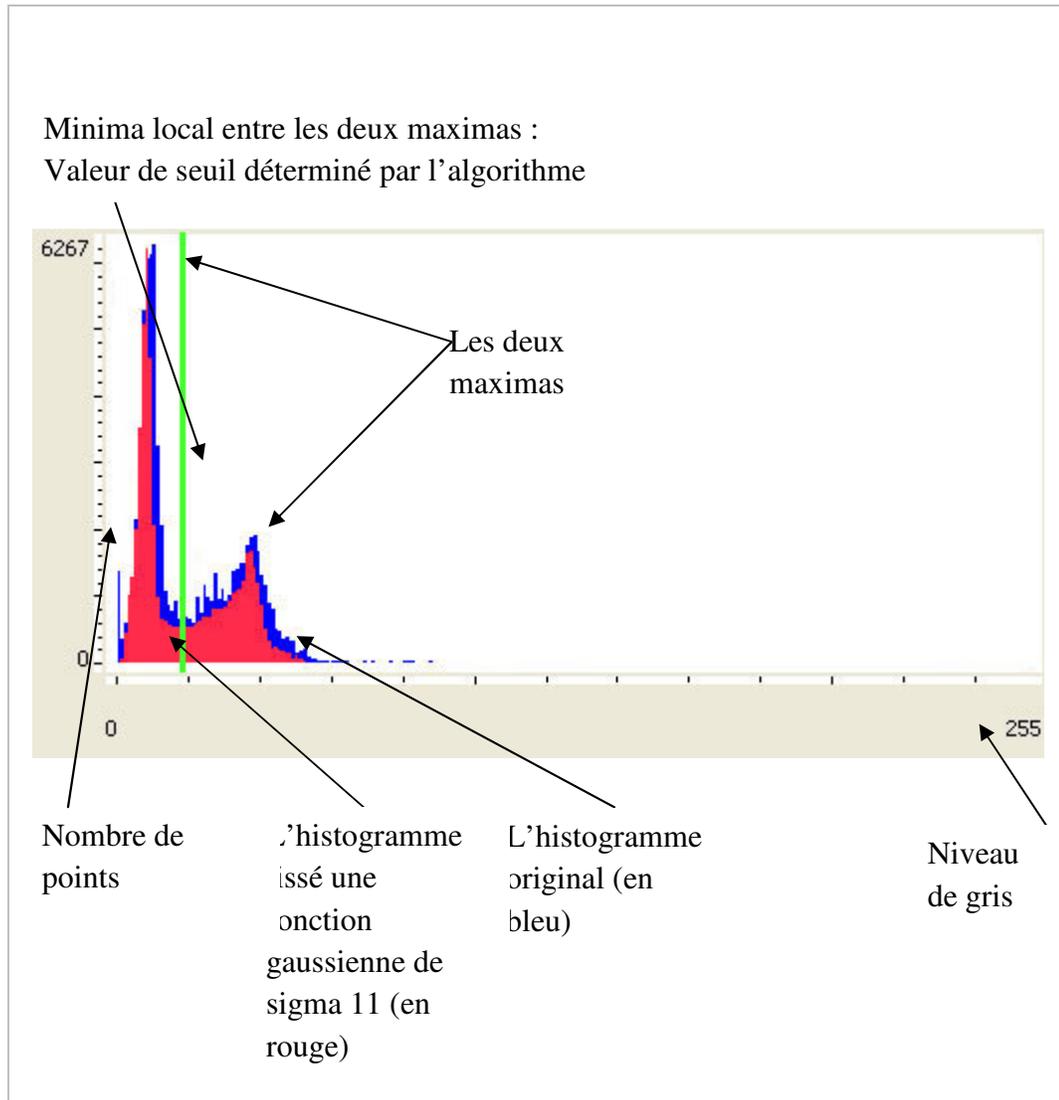


Figure 3.31: Valeur de seuil déterminé par l'algorithme

Quand la valeur de seuil est trouvée (ici 47) on sélectionne les régions avec une valeur de gris moins que la valeur de seuil (Figure 3.26).

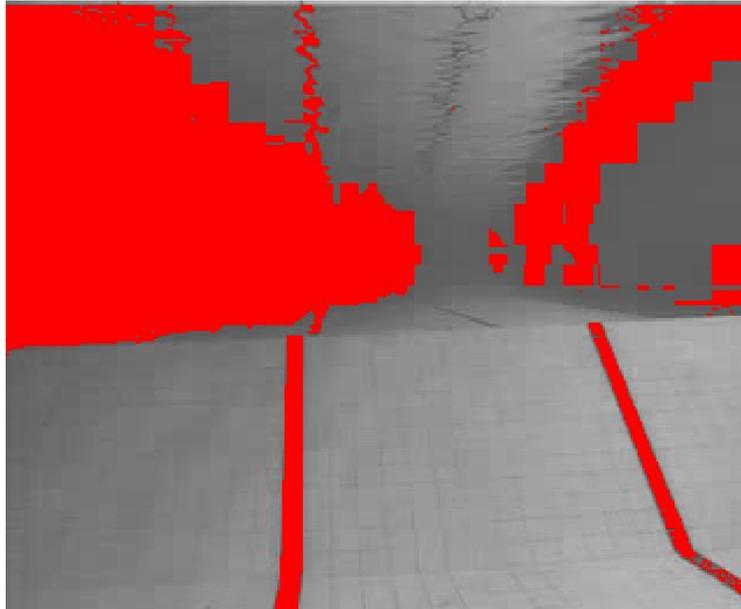


Figure 3.32: Régions avec le niveau de gris en dessous de la valeur de seuil (en rouge)

Le squelette de ces régions est extrait en calculant les lignes médianes des régions en prenant en considération le changement de niveau de gris (Figure 3.27). Le squelette est construit d'une manière que chaque point peut être vu comme point central d'un cercle avec le plus grand rayon possible tout en étant restant dans la région.

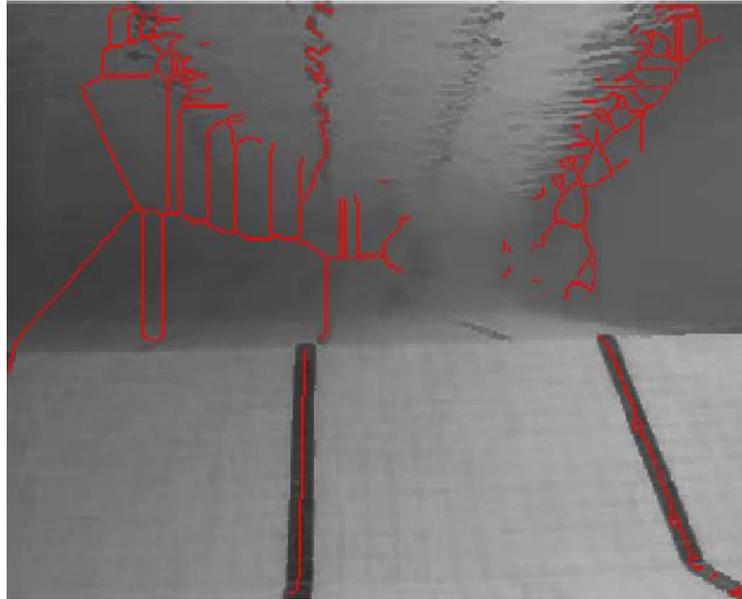


Figure 3.33: Squelette des régions (en rouge)

Les lignes d'une longueur plus de 200 pixels sont sélectionnés et les régions qui les contiennent sont séparées des régions déterminées dans l'étape précédente (Figure 3.28).

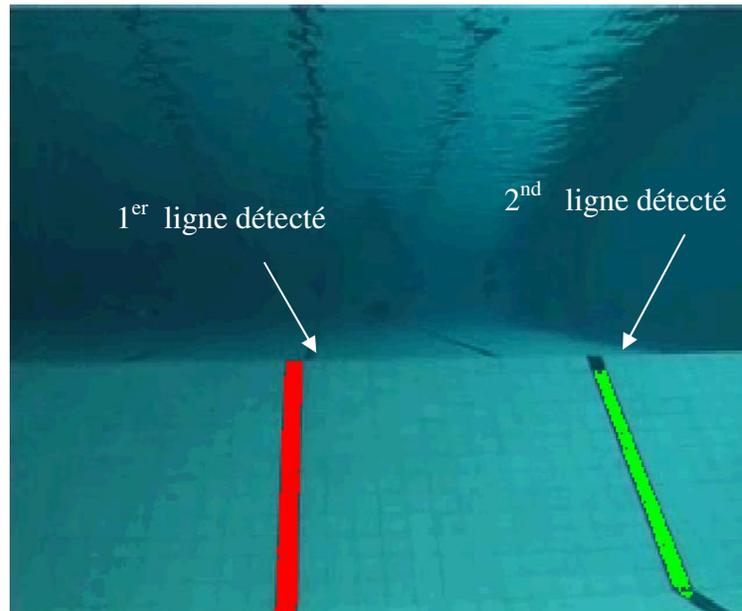


Figure 3.34: Les lignes détectés (en rouge et en vert)

L'orientation des lignes sont calculé finalement pour déterminer la direction que le véhicule doit suivre. Dans le cas de plusieurs lignes l'angle moyen de l'orientation est pris en compte.

L'inspection des oléoducs est un domaine d'utilisation très fréquent des ROVs et donc le suivi d'une ligne automatique devient une fonction important à avoir. Dans les méthodes proposées ici il y a des fortes suppositions comme la différence d'intensité entre le fond et la ligne à détecter. Les algorithmes sont à améliorer pour diminuer ces suppositions initiales [17] [18].

#### 3.9.4.4. Fixer le Camera sur un Point d'Intérêt

Avec cette fonction la position du camera peut être réglé automatiquement pour visualiser un objet, spécialement dans un environnement avec courant dans la quelle on ne peut pas stabiliser le véhicule [19].

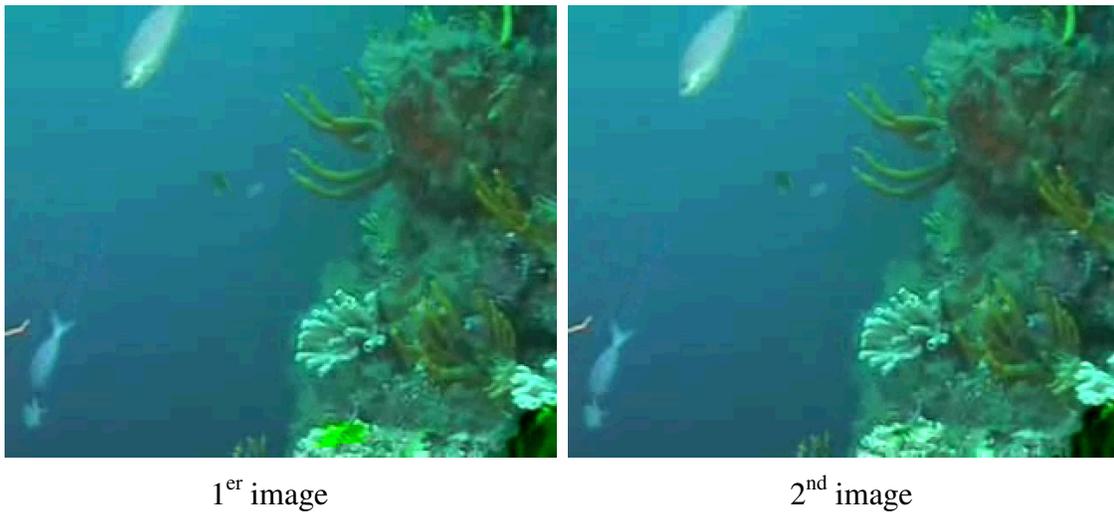


Figure 3.35: Deux images consécutives

Deux images consécutives (Figure 3.30) sont utilisées pour calculer le mouvant. Les images sont converties de l'espace colorimétrique RVB (Rouge Vert Bleu) en niveau de gris pour diminuer le temps de calcul. Le convertissement est faite le de la façon suivant :

Soit  $N, R, G, B$  respectivement pour niveau de gris, rouge, vert, bleu avec,

$$N, R, G, B \in [0,255] \quad (3.3)$$

On a ;

$$N = (R+G+B) / 3 \quad (3.4)$$



1er image

2nd image

Figure 3.36: Deux images consécutives converties en niveau de gris

Une fois converties en niveau de gris (Figure 3.31) on essaye de trouver, pour chaque point, la direction du déplacement s'il y en a.

Soit  $I_0$  et  $I_1$  deux images consécutives converties en niveau de gris de 8 pixels de hauteur et de 6 pixels de largeur.

Soit  $I_{0(4,3)}$  le point pour lequel on cherche la direction.

Point pour le quelle on cherche  
la direction

$$I_0 = \begin{bmatrix} 111 & 221 & 223 & 205 & 217 & 219 \\ 108 & 123 & 218 & 220 & 218 & 217 \\ 111 & 120 & 118 & 237 & 225 & 220 \\ 108 & 114 & \boxed{106} & 213 & 216 & 217 \\ 104 & 106 & 98 & 200 & 208 & 209 \\ 110 & 103 & 100 & 102 & 198 & 204 \\ 112 & 110 & 103 & 105 & 110 & 203 \\ 107 & 106 & 104 & 106 & 108 & 204 \end{bmatrix}$$

(3.5)

Soit la matrice  $M$  avec  $a$  le point en question et  $b, c, d, e, f, g, h, i$  les huit voisins de ce point.

$$M = \begin{bmatrix} e & d & c \\ f & a & b \\ g & h & i \end{bmatrix}$$

(3.6)

$M_0$

$$I_0 = \begin{bmatrix} 111 & 221 & 223 & 205 & 217 & 219 \\ 108 & 123 & 218 & 220 & 218 & 217 \\ 111 & \boxed{120} & \boxed{118} & \boxed{237} & 225 & 220 \\ 108 & \boxed{114} & \boxed{106} & \boxed{213} & 216 & 217 \\ 104 & \boxed{106} & 98 & \boxed{200} & 208 & 209 \\ 110 & 103 & 100 & 102 & 198 & 204 \\ 112 & 110 & 103 & 105 & 110 & 203 \\ 107 & 106 & 104 & 106 & 108 & 204 \end{bmatrix}$$

(3.7)

On a;

$$M_0 = \begin{bmatrix} 120 & 118 & 237 \\ 114 & 106 & 213 \\ 106 & 98 & 200 \end{bmatrix}, \text{ pour } I_{0(4,3)} \quad (3.8)$$

On calcule ensuite  $m$  le moyenne des valeurs de  $M$ , on a ;

$$m_0 = \frac{a_0 + b_0 + c_0 + d_0 + e_0 + f_0 + g_0 + h_0 + i_0}{9} \quad (3.9)$$

$$m_0 \cong 146 \quad (3.10)$$

Soit  $C = M - m$ , la difference entre les points de la matrice point et son moyen,

$$C_0 = M_0 - m_0 = \begin{bmatrix} e_0 - m & d_0 - m & c_0 - m \\ f_0 - m & a_0 - m & b_0 - m \\ g_0 - m & h_0 - m & i_0 - m \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

On a ;

$$C_0 = \begin{bmatrix} -26 & -28 & 91 \\ -32 & -40 & 67 \\ -40 & -48 & 54 \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

$C_0$  est utilisé comme la matrice de comparaison dans l'évaluation finale. Le calcul de la différence entre les points de la matrice point et son moyen permet d'éliminer les erreurs dues aux changements d'illumination de l'environnement [20] [21].

On définit le domaine de recherche (ROI – region of interest) dans la deuxième image  $I_1$  comme le point en question et ses huit voisins de ce point. On suppose donc qu'un point peut avoir un déplacement maximum d'un pixel. Le domaine de recherche peut être augmenté mais pour un déplacement maximum de deux pixels le temps de calcul augmente environ de 270 % comme on cherche sur 25 points au lieu de 9.

$$I_1 = \begin{matrix} & & & & \text{domaine de recherche} & & \\ & & & & \swarrow & & \\ \left[ \begin{array}{cccccc} 102 & 111 & 220 & 223 & 205 & 218 \\ 112 & 105 & 123 & 218 & 220 & 217 \\ 108 & \boxed{111} & \boxed{121} & \boxed{118} & 236 & 225 \\ 106 & \boxed{106} & \boxed{114} & \boxed{107} & 214 & 216 \\ 101 & \boxed{104} & \boxed{106} & \boxed{100} & 203 & 208 \\ 100 & 110 & 103 & 100 & 102 & 198 \\ 98 & 112 & 110 & 103 & 105 & 110 \\ 115 & 112 & 107 & 105 & 104 & 106 \end{array} \right] & & & & & & \end{matrix} \quad (3.13)$$

On calcule pour chaque point dans le domaine de recherche  $M$ ,  $m$  et  $C$ .

$$I_1 = \begin{matrix} & & & & \text{la matrice } M \text{ pour le point} & & \\ & & & & \swarrow & & \\ \left[ \begin{array}{cccccc} 102 & 111 & 220 & 223 & 205 & 218 \\ 112 & 105 & 123 & 218 & 220 & 217 \\ 108 & 111 & \boxed{121} & \boxed{118} & \boxed{236} & 225 \\ 106 & 106 & \boxed{114} & \boxed{107} & \boxed{214} & 216 \\ 101 & 104 & \boxed{106} & \boxed{100} & \boxed{203} & 208 \\ 100 & 110 & 103 & 100 & 102 & 198 \\ 98 & 112 & 110 & 103 & 105 & 110 \\ 115 & 112 & 107 & 105 & 104 & 106 \end{array} \right] & & & & & & \end{matrix} \quad (3.14)$$

point dans le domaine de recherche

On a pour  $I_{1(4,4)}$

$$M_1 = \begin{bmatrix} 121 & 118 & 236 \\ 114 & 107 & 214 \\ 106 & 100 & 203 \end{bmatrix} \quad (3.15)$$

$$m_1 \cong 147 \quad (3.16)$$

$$C_1 = M_1 - m_1 = \begin{bmatrix} -26 & -29 & 89 \\ -33 & -40 & 67 \\ -41 & -47 & 56 \end{bmatrix} \quad (3.17)$$

Une fois la matrice de comparaison  $C_1$  pour ce point est obtenu, on calcule  $E$ , la difference en valeur absolut de  $C_1$  et de  $C_0$

$$\begin{aligned} E &= |C_1 - C_0| \\ &= \begin{bmatrix} |(e - m) - (e_0 - m_0)| & |(d - m) - (d_0 - m_0)| & |(c - m) - (c_0 - m_0)| \\ |(f - m) - (f_0 - m_0)| & |(a - m) - (a_0 - m_0)| & |(b - m) - (b_0 - m_0)| \\ |(g - m) - (g_0 - m_0)| & |(h - m) - (h_0 - m_0)| & |(i - m) - (i_0 - m_0)| \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (3.18)$$

$E$  nous permet de voir les changements en valeur de gris pour le point en question et ses voisins tout en éliminant les changements d'illumination globale de l'environnement.

$$E_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 2 \end{bmatrix} \quad (3.19)$$

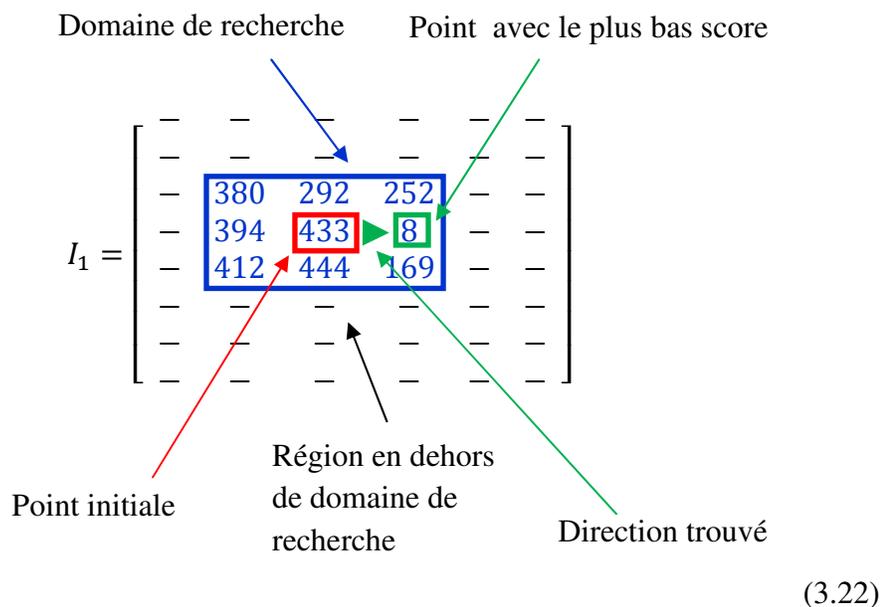
On définit le score d'un point  $S$  comme la somme des valeurs de la matrice  $E$ ,

$$S = \sum_{i,j=1}^3 E_{(i,j)} \quad (3.20)$$

On a donc,

$$S_1 = \sum_{i,j=1}^3 E_{1(i,j)} = 8 \quad (3.21)$$

On calcule de la même façon  $S$  pour les autres points qui sont dans le domaine de recherche.



Plus le score est bas, plus le point est proche du point recherché. Dans cet exemple on a trouvé que le point s'est déplacé vers un pixel à droite.

On répète cette opération pour chaque point de l'image. On additionne ensuite les déplacements trouvés pour calculer le déplacement générale.

Dans les régions homogènes de l'image on peut obtenir plusieurs points avec des très bas scores. Dans ce cas la, pour éviter les erreurs, on ne tient pas compte de ces points dans les calculations du déplacement générale.



Figure 3.37: Déplacements calculés pour chaque point de l'image

Dans les images où on a plusieurs objets qui se déplacent dans différentes directions, on ne peut pas calculer la direction générale correctement. Pour éviter ce genre d'erreur, les régions qui contiennent des déplacements sont extraites de l'image (Figure 3.33) [22].



Figure 3.38: Régions qui contiennent des déplacements (en rouge)

Des régions extraites qui contiennent des déplacements, seulement la plus grande est choisit et est tenu en compte pour le calcul de la direction générale.

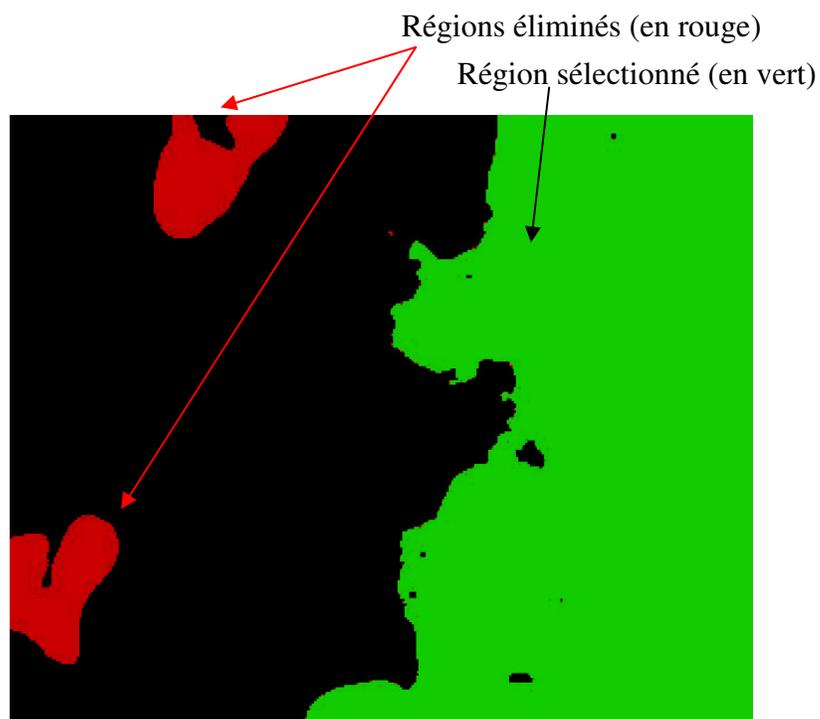


Figure 3.39: Région sélectionné (en vert)

On obtient donc la direction de la plus grande zone de déplacement (Figure 3.34).

Un autre problème est la nécessité de fonctionnement en temps réel. Pour diminuer le temps de calcul on peut diminuer la résolution d'image et on peut calculer la direction de moins de points. En diminuant la résolution de moitié et en prenant un point sur quatre, on arrive à une exécution de 15 images par seconde sur un ordinateur équipé d'un processeur Intel Core Duo 2 2.16 Mhz.

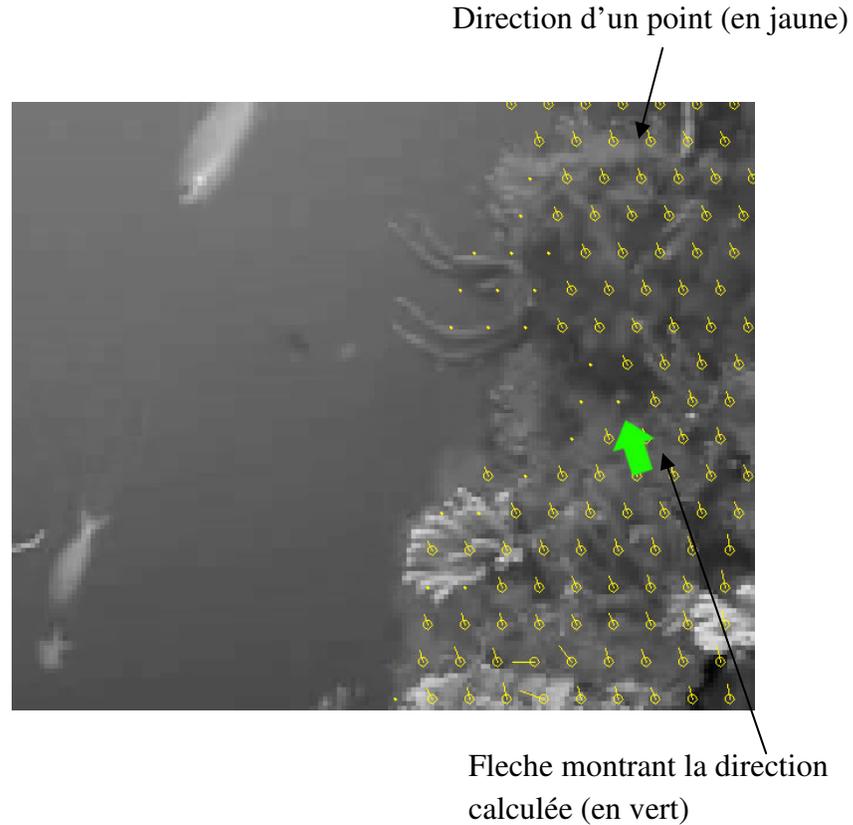


Figure 3.40: Résultat de la somme des directions qui est calculé pour chaque point dans la région sélectionné

Le camera est finalement déplacé dans la direction inverse de la direction calculé (Figure 3.35).

La fonction de fixation du camera automatique peut être très utile pour un ROV d'observation. La zone de recherche de déplacement et le temps d'exécution de l'algorithme sont à améliorer [23].

#### 4. CONCLUSION

On peut trouver aujourd'hui, sur le marché, différents types de ROVs mais leurs prix sont trop élevés pour être achetés par de petits groupes de recherche ou par des entreprises, pour être utilisés en inspection (des bateaux, des barrages, ...). On a donc décidé de construire un véhicule modulaire, portable et économique qui a un large domaine d'application.

On a commencé nos travaux avec un travail de retro-ingénierie. Après avoir étudié en détail les ROV commerciaux, et les AUV développés par différents groupes de recherche, on a observé les composants et les réactions d'un ROV commercial: VideoRay Scout dans différentes conditions comme la piscine et le Bosphore. On a constaté que la navigation sans l'information de la direction et de la profondeur est très difficile. D'autre part, on a vu que le modèle de la caméra fixée à l'avant, adoptée par la plus part des ROV, n'est pas optimale et peut être améliorée. À partir des résultats de ces expérimentations et en prenant en considération la modularité et la portabilité, nous avons défini les spécifications de CI-Dragon, nous avons conçu des modèles 3D.



Figure 4.1: CI-Dragon

CI-Dragon a une grande mobilité sous l'eau grâce à ses quatre moteurs qui sont reconfigurables pour divers types d'application. CI-Dragon a deux caméras qui peuvent tourner à 360° horizontalement et à 90° verticalement, l'une placée en haut et l'autre en bas du véhicule permettant de voir tout l'environnement sans avoir besoin de faire de manœuvres. Ce modèle évite de trop s'approcher du sous-sol, permet aussi de voir le câble arrière et permet de retrouver l'endroit de déploiement initial. CI-Dragon est équipé d'un capteur de pression pour mesurer la profondeur et d'une boussole pour obtenir l'orientation. Une deuxième boussole, grâce à laquelle on peut retrouver la direction relative du CI-Dragon par rapport à l'opérateur, est placée à surface ce qui facilite énormément la navigation. Le véhicule est contrôlé par un logiciel facile à utiliser et qui possède des fonctions semi-autonomes pour aider l'opérateur à accomplir une tâche.



Figure 4.2: Test à la piscine de CI-Dragon

Une fois complété, CI-Dragon a été vérifié pour fonctionner sous une pression hydraulique de 16 ATM, c'est-à-dire à 150 mètres sous l'eau. Il a été testé ensuite dans la piscine avec un câble de 250 mètres et a fonctionné. Les fonctions autonomes comme l'auto-profondeur, l'auto-direction, le suivi d'une ligne, et le positionnement de

la camera automatique sur un point d'intérêt, qui facilitent les taches de l'operateur et augmentent l'utilisabilité du véhicule, ont été essayées dans un environnement simulé. Le véhicule a ensuite été testé à la piscine et la réussite du véhicule et du logiciel de contrôle ont été montrés.

Le contrôle proportionnel des moteurs par les fonctions auto-profondeur et auto-direction peut être changé en PID (proportionnel intégral et dérivatif) pour un contrôle plus robuste. Une conception permettant d'augmenter les caractéristiques hydrodynamiques du véhicule est aussi nécessaire.

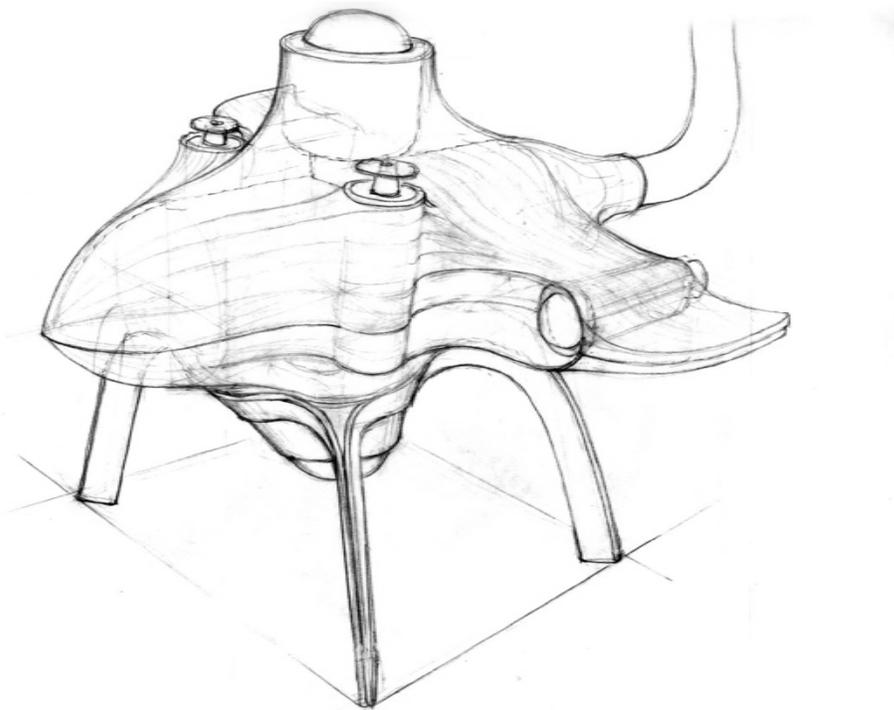


Figure 4.3: Conception hydrodynamique, Dr. Seçil Satır, İdeal Teknoloji ©2006

Les systèmes semi-autonomes serviront dans le futur de passage aux systèmes AUV. De ce point de vue CI-Dragon a de l'avance aux autres ROVs de sa classe grâce à son logiciel de contrôle et ses fonctions semi-autonomes.

## 5. BIBLIOGRAPHIE

[1] Marine Technology Society Subcommittee ROVs , *Operational Guidelines for ROVs*, (1984).

[2] Commission on Engineering and Technical Systems, *Undersea Vehicles and National Needs*, The National Academies Press, (1996).

[3] J. Yuh, M. West, "Underwater robotics", *Advanced Robotics*, 15 (5), 609-639, (2001).

[4] ROV Committee of the Marine Technology Society, "ROV Background", [http:// www.rov.org/](http://www.rov.org/), (2006).

[5] D. Warren, A. Church, "New Technology, the AUV, and the Potential in Oilfield Maritime Archaeology", *Minerals Management Service Information*, (2002).

[6] Nova Ray, Subsea Systems ROV, "NovaRay 2000", [http://www.novaray.com/products\\_model2000.htm](http://www.novaray.com/products_model2000.htm), (2006).

[7] VideoRay ROV - Micro Submersible - Inspection Class Remotely Operated Vehicles, "VideoRay Scout", <http://www.videoray.com/Products/scout.php>, (2006).

[8] ROV Underwater Remotely Operated Vehicles by Saab Seaeye, <http://www.seaeye.com/falcon.html>, (2006).

[9] Oceaneering International Inc., "Hydra Maxximum", <http://www.oceaneering.com/>, (2006).

- [10] CTC Marine Projects Ltd., "Marine C-Trencher 2", <http://www.ctcmarine.com/cmrov34.htm>, (2006).
- [11] S. Campbell, "Long-term Effects of Diving", *Medscape Orthopaedics & Sports Medicine eJournal*, (2004).
- [12] D. Christ, L. Wernli, *The ROV Manual: A User Guide for Observation Class Remotely Operated Vehicles*, Butterworth-Heinemann, (2007).
- [13] J. Amat, A. Monferrer, J. Batlle, X. Cufí, "GARBI: a low-cost underwater vehicle", *Microprocessors and Microsystems*, 23 (2), 61-67, (1999).
- [14] J. N. Lygouras, K. A. Lalakos, G. Tsalides, "THETIS: an underwater remotely operated vehicle for water pollution measurements", *Microprocessors and Microsystems*, 22 (4), 227-237, (1998).
- [15] D. Liddle, "TROJAN: Remotely operated vehicle", *Oceanic Engineering*, 11 (3), 364 – 372, (1986).
- [16] J. Li, P. Lee, "Design of an adaptive nonlinear controller for depth control of an autonomous underwater vehicle", *Ocean Engineering*, 32 (17-18), 2165-2181, (2005).
- [17] Z. Liu, N. Barnes, *Knowledge-Based Vision-Guided Robots*, Physica-Verlag Heidelberg, (2002).
- [18] S. Ohata, K. Ishii, H. Sakai, T. Tanaka, T. Ura, "An autonomous underwater vehicle for observation of underwater structure", *International Congress Series*, 1291, 277-280, (2006).
- [19] M. Caccia, "Vision-based ROV horizontal motion control: Near-seafloor experimental results", *Control Engineering Practice*, 15 (6), 703-714, (2007).

- [20] U. Eckardt , “Verdünnung mit Perfekten Punkten”, DAGM-Symposium, 10, (1988).
- [21] H. Nagel, W. Enkelmann, “An investigation of smoothness constraints for the estimation of displacement vector fields from image sequences”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8(5), 565-593, (1986).
- [22] T. Brox, A. Bruhn, N. Papenberg, J. Weickert, “High accuracy optic flow estimation based on a theory for warping” , Computer Vision ECCV 2004, 3024, 25-36, (2004).
- [23] A. Bruhn, J. Weickert, C. Feddern, T. Kohlberger, C. Schnörr, “Variational optical flow computation in real-time”, IEEE Transactions on Image Processing, 14 (5), 608-615, (2005).

## 6. APPENDICE A: SPECIFICATIONS DE CAPTEUR DE PRESSION WIKA P-10

### Specifications

<b>Input</b>	
10-30 VDC (14-30 VDC for 0-10V output signal)	
<b>Output &amp; load limitations</b>	
4-20 mA 2-wire	$R_{(max)} = (V_o - 10V) / 0.02 A$
0-10 V, 1-5 V, or 1-6 V 3-wire	$R_{(min)} = > 5 k Ohms$
<b>Accuracy</b>	
Linearity (B.F.S.L.):	≤ 0.5% of span
Hysteresis:	≤ 0.1% of span
Repeatability:	≤ 0.1% of span
1 yr. stability:	≤ 0.3% of span
Response time:	≤ 5 ms (10-90% full scale)

<b>Temperature</b>	
Effective temperature compensation	
Media	+32 °F to 176 °F
Ambient	-40 °F to 212 °F
Storage	-22 °F to 176 °F
	-22 °F to 212 °F

<b>Temperature error</b>	
On zero (% of span/18 °F)	≤ 0.4
On span (% of span/18 °F)	≤ 0.3

**Process connection**  
1/4" NPT male (G1/4 BSP male)  
(other connections available)

**Electrical connection**  
DIN 43650 solderless screw terminal (NEMA 5 / IP 65)  
{5 foot vented cable with free ends} (NEMA 4 / IP 67)

**Material**  
Wetted parts 316 stainless steel  
Body material 304 stainless steel

**Transmitting liquid**  
Silicone oil < 300 PSI {Fluorocarbon oil for oxygen service}  
none used in ranges ≥ 300 PSI

**Electrical protection**  
Protected against reverse polarity, short circuit, and overvoltage

**Shock and Vibration** (per DIN IEC 68-2)  
Shock: 500g, 1 ms  
Vibration: 10g, 60-2000 Hz

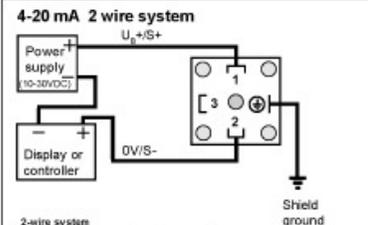
**CE Conformity**  
Interference emissions per EN 50 081-1 and -2  
Interference immunity per EN 50 082-2

Notes: Items in curved brackets { } are available on special order.



Loop powered attachable  
LCD display for 4-20 mA  
only - Part # 4210069

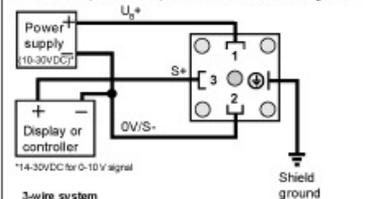
### Wiring



2-wire system

Wire	Coding	DIN Plug	Wire Color
Supply +	U <sub>o</sub> / S+	pin 1	brown
Signal -	0V / S-	pin 2	green

### 0-10 VDC, 0-5 VDC, or 1-6 VDC 3 wire system

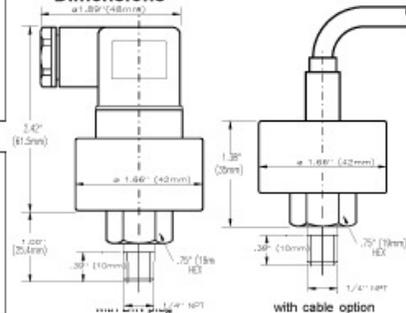


\*14-30VDC for 0-10 V signal

3-wire system

Wire	Coding	DIN Plug	Wire Color
Supply +	U <sub>o</sub> +	pin 1	brown
Supply - Signal -	0V / S-	pin 2	green
Signal +	S +	pin 3	white

### Dimensions



**WIKA**

### Ordering Information:

State computer part number (if available) / type number / size / range / connection size and location / options required.

Specifications given in this price list represent the state of engineering at the time of printing. Modifications may be placed and the specified materials may change without prior notice.

## 7. APPENDICE B: SPECIFICATIONS DU CONTROLLEUR DE MOTEUR 200XLV

The 200XLV may be supplied from a battery source, or AC derived power supply. In general, consideration must be given to the following parameters. (VDD = Vdc supply voltage)

- 1) Minimum V+ for full speed
- 2) V+ limit to minimise dissipation
- 3) Maximum allowable V+ of unit
- 4) Duty cycle of the motor
- 5) Supply regulation and tolerance
- 6) Extra V+ to accommodate IR comp

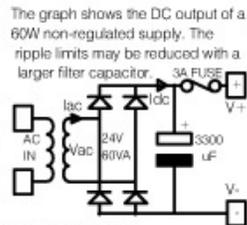
Power supply formula

$$V_{ac} = 0.7 \times V_{+}, I_{ac} = 1.7 \times I_{dc}$$

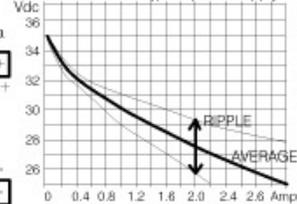
$$\text{Transformer VA needed} = V_{ac} \times I_{ac}$$

$$\text{average current per diode} = 0.5 \times I_{dc}$$

$$\text{Diode reverse volts} = 2 \times V_{ac}$$



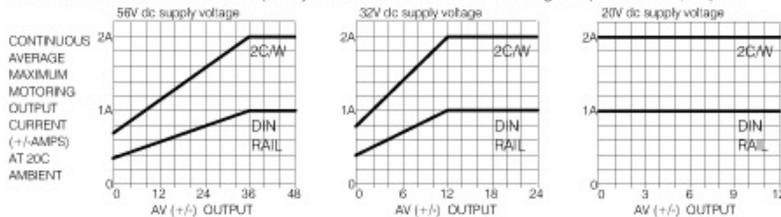
Performance of typical power supply



### OUTPUT CURRENT and SUPPLY VOLTAGE

The unit will provide up to +/-2 amps maximum continuous current depending on the armature (AV) and supply voltage (V+). It will need a supply of at least (8V + AVmax) to deliver the full output current. The supply voltage can be 12 to 48V +/- 25%, (absolute maximum 60V dc). The optimum supply is the lowest consistent with correct operation.

The short term current limit overload capability is 150% of the continuous current. eg 2 amps continuous, 3A peak.



### POWER OUTPUT and HEATSINK

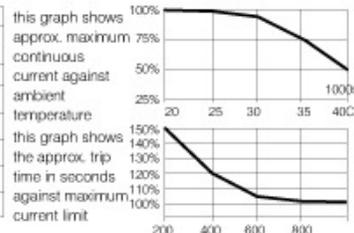
The 200XLV has an automatic thermal limiting device. This prevents excess dissipation from damaging the unit. When motoring, the output capability will depend on the dissipation (WD) in the drive.  $WD = \text{Amps} \times (V_{+} - AV)$ . The maximum dissipation allowed within the 200XLV is 40 watts at a base plate temperature

of 75C. The upper trace in the graphs above show the performance with a 2C/W heatsink (unit fixed to panel of approximately 200mm X 200mm). The lower trace shows the performance with the unit mounted on a DIN rail.

High dissipation occurs with continuous duty at low speeds, high torques and supply voltage. The worst conditions are during continuous or repetitive braking at high speeds. Fortunately this mode is not often encountered, and most applications will be satisfied with the unit conventionally mounted. In the event that thermal limiting occurs, the unit should be mounted to a larger heatsink with a good thermal connection, and/or the supply to armature voltage differential should be reduced. Forced venting with a small DC fan may be a good solution if space is a constraint.

The typical thermal loads on the unit are listed in the table below. When incorporating the unit for the first time in a machine or system, it must be fully tested at the maximum operating ambient temperature to confirm that the cooling arrangements are adequate. WARNING. The unit casing acts as a heatsink and may be too hot to touch.

FUNCTION	DISSIPATION
Continuous braking with motor being overhauled by external force and 200XLV trying to hold it back	Extremely high
Continuous repetitive braking to stop with high inertia loads	Very high
Continuous motoring at low speeds and high torques	Very high
Continuous motoring at medium speeds and high torques	High
Continuous motoring at high speeds and high torques	Quite high
Continuous motoring with light loads and occasional stopping	Medium
Occasional motoring and braking with periods of resting	Low



### OVERLOAD TRIP

The 200XLV is fitted with an overload inverse time trip device. See graphs above. Excessive overload will trigger the device. The READY lamp will go off. The trip can be reset by removing the power from the unit for a few seconds. If the unit repeatedly trips with no motor connected, then this indicates an internal fault in the unit. Provision is made for an auxiliary device of a lower threshold to be fitted if very small motors are used. See page 3 for fitting details.

## 8. APPENDICE C: SPECIFICATIONS DU VIDEORAY SCOUT

The VideoRay Scout system includes the 8-pound submersible, control box, 40 m (131 ft) of neutrally buoyant tether, manual, and tool kit. All components fit neatly in a watertight, rolling Pelican case that fits easily in the trunk of a car or in airline luggage compartments. The entire system is stored in the Pelican case and weighs 32 kg (70 lbs).

The Scout includes a color camera and a 5 inch LCD color display monitor. An external video monitoring/recording device that has a composite video input—typically a TV/VCR combination—is recommended for recording missions.

Consider moving up to the [Scout X3](#) which includes the [Tether Deployment System](#) (TDS), an excellent option for quick coiling and recoiling of the tether.



### SYSTEM COMPONENTS

#### VideoRay Submersible Robot

- **Camera**  
Fixed position and focus, forward facing wide angle color camera  
420 lines of resolution and 0.3 lux  
NTSC unless otherwise specified
- **Lighting**  
Two 20 watt high efficiency halogen lights
- **Propulsion**  
Horizontal - Two thrusters with 50 mm propellers and guards  
Vertical - One thruster

#### Control Console

- **Display**  
5 inch integrated display  
Composite video output
- **Controls**  
Joystick controls for horizontal movement and lighting  
Vertical depth control
- **Tether**  
40 m (131 ft.) Performance Tether (neutral buoyancy)  
Maximum voltage in tether is 48 volts DC

#### Recommended uses:

Aquaculture  
Diver monitoring  
Recreation

#### Total System Size & Weight 32 kgs (70 lbs.)

2 watertight Pelican cases  
submersible: 30.5 x 22.5 x 21 cm (12 x 9 x 8.5 in)  
Submersible weight: 3.6 kgs (8.0 lbs)

<b>Depth Rating:</b>	76 m (250 ft.)
<b>Total System Weight:</b>	32 kgs (70 lbs.)
<b>Submersible Speed:</b>	1.9 knots

## 9. APPENDICE D: SPECIFICATIONS DE LA CAMERA D106/M400X

Model No	D106/M400X
Image Sensor	<b>1/3" SONY COLOR Exview HAD CCD</b>
Effective pixel	768(H) x 494(V)PIXEL (NTSC) <b>752(H) x 582(V)PIXEL (PAL)</b>
Cell Size	6.35um(H) x 7.4um(V) (NTSC) <b>6.5um(H) x 6.25um(V) (PAL)</b>
Resolution	<b>COLOR: 480TV-LINE B/W: 520TV-LINE</b>
TV Type	NTSC/PAL
Sync. Type	INTERNAL
Scanning System	2:1 Interlace
Video Output	1.0Vp-p(Sync,Negative)
Gamma Characteristic	r=0.45 typ.
Min. Illumination	0.01 Lux (F/1.2)
S/N Ratio	45dB or More (AGC OFF)
Shutter	1/60~1/100,000 sec(NTSC) 1/50~1/100,000 sec(PAL)
AGC	ON/OFF
BLC	ON/OFF
FLICKERLESS	ON/OFF
Day&Night Filter exchange	AUTO
Digital Zoom	x1, x2, x3
Power Supply	Regulated DC 12.0V
Consumption Current	Max.260mA(at DC 12V)
Reverse Polarity Protection	Yes
Lens	Board Lens
Operation Temp	-10 ° ~ 50 °
Preservation Temp	-20 ° ~ 60 °

## **10. BIOGRAPHIE**

Gönen EREN est née à Gönen en Turquie en 1981. Il a commencé le collège à Gölcük Anadolu Lisesi . Il a ensuite continué ses études en France au Collège Paul Cézanne et au Lycée Saint-Exupéry. Il a retourné en Turquie en 1998 et a été diplômé en 2000 du Buca Anadolu Lisesi et en 2004 du Département de Génie Informatique de l'Université Galatasaray. Il continue, en ce moment, ses études en Mastère de Génie Informatique à l'Université Galatasaray et y travaille en tant qu'assistant de recherche.