



## CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL

Département Ressources physiques et Ecosystèmes de fond de Mer  
Unité Recherches et Développement Technologiques  
Service Ingénierie et Instrumentation Marines

# CDCF pour l'étude de la bouée du projet d'observatoire MAREGAMI

Date : 15/02/2018 Référence service : RDT/SIIM/18-R015 Référence projet : MAREGAMI Analytique : P203-0009-01		Nombre de pages : 14 Nombre de figures : 5 Nombre d'annexes: Nom du fichier : G93DBB00 – MAREGAMI - CDCF bouée	
Sujet/Titre :  <p style="text-align: center;"><b>Cahier des Charges Fonctionnel pour l'étude de la bouée de surface de l'observatoire MAREGAMI</b></p>			
Résumé :  Ce document présente les fonctions, les contraintes ainsi que le délai pour la pré-étude d'une bouée-relais océanographique, déployée en mer de Marmara.			
<b>Mots clés : Bouée – Sismicité – Ombilical – Marmara</b>			
<b>Révisions</b>			
<i>Indice</i>	<i>Objet</i>	<i>Date</i>	<i>Rédigé par</i>
–	Création du document	09/02/18	JR Lagadec

## Sommaire

1. Introduction .....	4
2. Présentation du besoin .....	5
3. Description de l'environnement.....	6
4. Contraintes de conception et de réalisation .....	7
5. Présentation de la réponse .....	15

## Table des illustrations

Figure 1: Position des observatoires et intensité du trafic maritime .....	7
Figure 2: Statistiques de vents moyens à proximité de la station "Central High" .....	10
Figure 3: Statistiques de vents moyens à proximité de la station "Western High" .....	11
Figure 4: Statistiques de houle moyenne à proximité de la station "Central High" .....	12
Figure 5: Statistiques de houle moyenne à proximité de la station "Western High" .....	13

## 1. Introduction

### 1.1. Remarque liminaire

Le présent document est relatif au projet de déploiement d'un observatoire de fond de mer permanent des risques géologiques en mer de Marmara.

### 1.2. Objet du document

Ce document précise les fonctions, les contraintes ainsi que le délai pour l'étude des formes générales, l'estimation de la masse et des mouvements ainsi que de l'établissement du coût de l'étude finale d'une bouée-relais océanographique déployée en mer de Marmara.

Cette bouée a pour rôle d'assurer le relais entre une station terrestre et un observatoire de fond de mer, ainsi que d'alimenter en énergie cette dernière.

### 1.3. Définitions

Observatoire de fond de mer : Nom désignant une structure (ou un ensemble de structures) placée sur le fond de la mer, hébergeant des capteurs océanographiques ou géologiques dont les données acquises sont transmises à une station terrestre.

Bouée : Structure flottante positionnée à proximité de l'observatoire de fond de mer, dont le rôle est d'assurer la transmission des données acquises vers une station terrestre. La bouée supporte également des capteurs et alimente en énergie l'observatoire.

Nœud : Structure positionnée sur le fond, reliée à la bouée par l'ombilical. Il recueille les données des différents capteurs et les transmet à la bouée via l'ombilical. Il répartit également l'énergie.

Ombilical : Nom désignant le câble électro-optique ou électrique permettant la transmission des données et de l'énergie entre la bouée et le nœud.

Station satellite : Structure posée sur le fond, déportée du nœud d'un à cinq kilomètres et accueillant un sismomètre océanographique (OBS) ainsi que son système de connexion au câble venant du nœud.

### 1.4. Acronymes

<b>AIS</b> :	<b>A</b> utomatic <b>I</b> dentification <b>S</b> ystem
<b>FNA</b> :	<b>F</b> aille <b>N</b> ord <b>A</b> natolienne
<b>GPS</b> :	<b>G</b> lobal <b>P</b> ositioning <b>S</b> ystem
<b>OBS</b> :	<b>O</b> cean <b>B</b> ottom <b>S</b> eismometer
<b>PV</b> :	<b>P</b> hoto <b>V</b> oltaïque
<b>UMS</b> :	<b>U</b> niversal <b>M</b> ass <b>S</b> torage
<b>VDC</b> :	<b>V</b> olt <b>D</b> irect <b>C</b> urrent

## 1.5. Documents de référence

- ✓ MAREGAMI - Appel à Projet Générique 2016 - PRCI

## 1.6. Planning du projet

Envoi du CDCF, lancement de l'appel d'offres .....	16 février 2018
Remise des offres .....	16 mars 2018
Passage de la commande, réunion de lancement .....	Semaine 14/2018
Réunion d'avancement de l'étude .....	Semaine 20/2018
Remise du dossier d'étude, réunion de clôture .....	Semaine 22/2018

## 2. Présentation du besoin

### 2.1. Contexte

La région d'Istanbul est une des zones du bassin méditerranéen les plus exposées au risque sismique du fait de la présence de la faille nord-anatolienne, qui passe en mer de Marmara, à moins d'une vingtaine de kilomètres environ du cœur de la ville. Au cours du XX<sup>e</sup> siècle, plusieurs séismes destructeurs ont eu lieu le long de la FNA.

La partie submergée de la faille, en mer de Marmara, qui n'a pas connu de rupture majeure depuis au moins 250 ans, est considérée comme une lacune sismique, de 150 km de long environ et fait aujourd'hui l'objet d'une surveillance active dans le but de déterminer le potentiel sismique des différents segments du système de failles sous-marines en mer de Marmara.

Le projet MAREGAMI, a pour but d'apporter des réponses à certaines questions scientifiques traitant du comportement mécanique des segments de faille immergés.

La tâche 4 du projet MAREGAMI, qui fait l'objet de ce document, a pour but l'étude des conditions dans lesquelles deux observatoires sous-marins permanents des risques géologiques pourraient être déployés et opérés en mer de Marmara.

### 2.2. Enoncé du besoin

Une des particularités de ces observatoires, est la nécessité de transmettre les données acquises par les sismomètres, aux stations terrestres, en quasi-temps réel. Ce dans le but de prévenir d'un séisme le plus rapidement possible.

La position géographique des observatoires, leur éloignement de la côte et la difficulté de déployer des câbles sous-marins de communication au fond de la mer de Marmara ont conduit l'équipe projet à s'orienter vers une configuration **d'observatoire relié à une bouée relais, chargée de transmettre les données vers la station terrestre** par ondes électromagnétiques (Wifi, 4G...).

La bouée, autonome en énergie, devra **produire suffisamment d'énergie** pour ses propres besoins (signalisation, capteurs embarqués, transmission des données à terre) mais également pour ceux de la partie sous-marine de l'observatoire.

Elle devra en outre **résister aux conditions océano-météo** rencontrées en mer de Marmara ainsi qu'être **suffisamment imposante** pour assurer une transmission optimale de la donnée et résister à une éventuelle rencontre avec un des nombreux navires croisant dans un des chenaux principaux de navigation de la mer de Marmara.

### 2.3. Etendue de la fourniture

L'étendue de l'étude attendue comprend différentes parties :

- A. Etude des formes définitives de la bouée (avec plan d'ensemble 2 vues) ;
- B. Estimation de sa masse totale ;
- C. Définition d'un mouillage en deux points respectant les critères définis au § 5.5 – « **Contraintes de comportement à la mer** » (option C) ;
- D. Définition d'un mouillage en trois points respectant les critères définis au § 5.5 – « **Contraintes de comportement à la mer** » (option D) ;
- E. Si option C et/ou D retenue(s), calcul de l'ellipse d'évitage dans le(s) cas choisi(s) ;
- F. Si option C et/ou D retenue(s), calcul des amplitudes, accélérations et fréquences propres de la bouée (**roulis, tangage, pilonnement, lacet**) dans le(s) cas choisi(s) ;
- G. Estimation du coût final de l'étude (avec fourniture d'un dossier de plans complet) ;
- H. Appel à variantes (voir § 5.2).

## 3. Description de l'environnement

### 3.1. Equipements sous abri

Les équipements positionnés sur la bouée et nécessitant un abri sont les suivants :

- ✓ Modem 4G,
- ✓ Modem Wifi,
- ✓ Boîtier AIS Mc Murdo,
- ✓ Récepteur météo GILL MaxiMet,
- ✓ Batteries,
- ✓ Régulateurs de charge/décharge des batteries,
- ✓ Convertisseurs de signaux et adaptateurs de tension,
- ✓ Electronique de commande des panneaux photovoltaïques,
- ✓ Boîtes de jonction électronique.

Hormis les batteries, ces équipements seront intégrés dans deux tableaux ayant pour dimensions 1200 x 1200 x 300 mm (A316L IP67 Luxor de chez Delvalle, ou équivalent) et surélevés de 600 mm.

### 3.2. Equipements hors abri

Les équipements de la bouée devant être installés en extérieur sont les suivants :

- ✓ Antenne 4G,
- ✓ Antenne Wifi,
- ✓ Antenne AIS Mc Murdo,
- ✓ Capteur météo GILL MaxiMet,
- ✓ Feux de signalisation autonomes,
- ✓ Panneaux photovoltaïques,
- ✓ Réflecteur radar et marques de jour.

### 3.3. Equipements immergés

L'ombilical de communication sera relié à la bouée par un puits central.

Une protection par anodes sacrificielles des œuvres vives de la bouée est à prévoir pour une durée de 5 ans.

## 4. Contraintes de conception et de réalisation

### 4.1. Situations géographiques

Afin d'étudier précisément deux segments de faille en mer de Marmara, **deux observatoires** seront déployés, chacun étant muni de sa bouée.

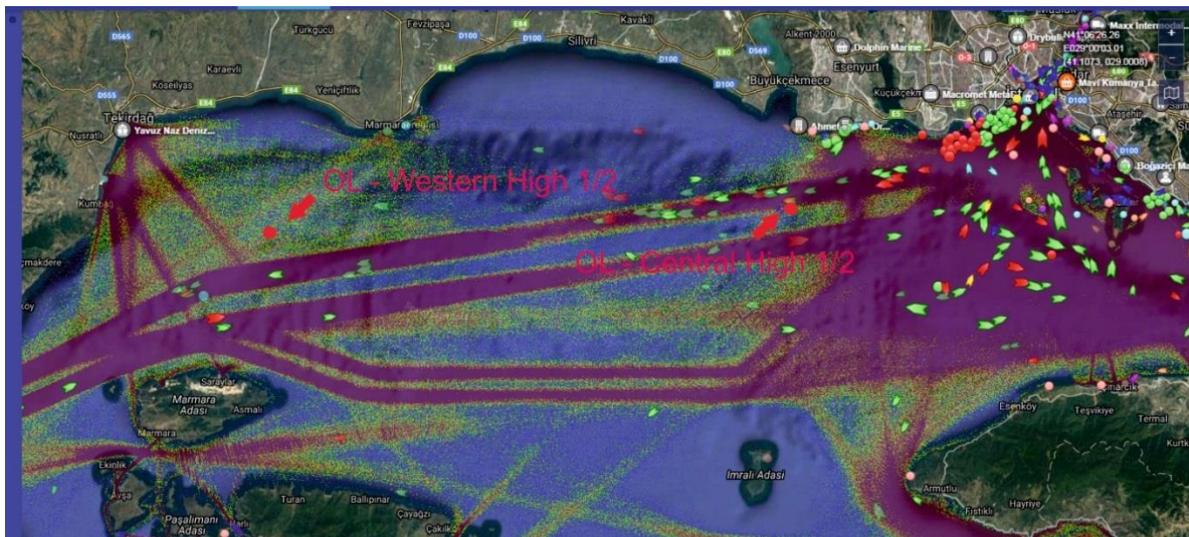


Figure 1: Position des observatoires et intensité du trafic maritime

#### 4.1.1. La station « Central High »

Située à 400 m au sud du chenal EST/OUEST de navigation et à 1,8 km au nord du chenal OUEST/EST. Il serait donc préférable d'éloigner de quelques centaines de mètres la bouée en surface de la station de fond.

- ✓ Position selon WGS84 ..... 40,8611483°N – 28,580295°E
- ✓ Distance approximative avec la côte..... 14 km
- ✓ Profondeur connue de la zone ..... 328 m

#### 4.1.2. La station « Western High »

Située à 2 km au nord du chenal EST/OUEST et à 3 km à l'est d'un chenal secondaire.

- ✓ Position selon WGS84 .....40,81267°N – 27,7717°E
- ✓ Distance approximative avec la côte..... 23 km
- ✓ Profondeur connue de la zone .....665 m

## 4.2. Risques de collision

La proximité des chenaux principaux de navigation entraîne une forte probabilité de collision avec un navire. Afin de réduire ce risque, la bouée sera équipée d'un AIS. Néanmoins, la bouée devra :

- ✓ Etre de dimensions suffisantes pour la rendre facilement repérable ;
- ✓ Etre équipée de défenses résistantes et efficaces.

## 4.3. Accostage

Lors des opérations de maintenance annuelles ou ponctuelles, du personnel technique montera à bord. La bouée devra donc présenter **des facilités d'accostage** et d'amarrage pour des navires de 200 à 400 UMS de jauge brute. Un accostage sur la partie exposée au nord sera privilégié, les autres secteurs étant réservés pour les panneaux photovoltaïques.

## 4.4. Plateforme de travail

La bouée devra disposer d'une zone de travail dégagée et sécurisée permettant au personnel technique d'intervenir sur les différents instruments et équipements installés.

## 4.5. Protection contre le vandalisme

La bouée sera équipée d'équipements scientifiques et de communication onéreux. Afin de limiter le risque de pillage ou de vandalisme, elle devra comporter un moyen de verrouillage de la plateforme de travail.

## 4.6. Panneaux photovoltaïques

Afin d'assurer l'autonomie énergétique de la bouée, cette dernière sera équipée de panneaux photovoltaïques.

### 4.6.1. Caractéristiques des panneaux :

- ✓ Puissance 12 V / 370 Wc
- ✓ Type LG NEON R Monocristallin
- ✓ Dimensions 1700 mm x 1016 mm x 40 mm, soit 1,72 m<sup>2</sup>
- ✓ Nombre 20 panneaux, soit 34,4 m<sup>2</sup>
- ✓ Masse totale 380 kg (20x19 kg)

#### 4.6.2. Disposition des panneaux :

Afin d'optimiser le rendement des panneaux, ils doivent être orientés de manière à capter un maximum de radiation solaire tout au long de la journée.

Ils seront répartis de manière homogène sur les faces est, sud-est, sud, sud-ouest et ouest de la bouée, par rangées de deux panneaux verticaux.

La face nord de la bouée sera réservée à la zone d'accostage.

#### 4.6.3. Inclinaison des panneaux :

L'inclinaison des panneaux doit pouvoir être modifiée manuellement, suivant la saison (inclinaison faible en hiver, plus importante en été).

Les angles d'inclinaison sont les suivants : **15°, 30°, 45°**.

Dans le but d'éviter la projection d'ombre d'un panneau sur l'autre, ceux du dessus seront articulés dans leur partie inférieure, sur un axe commun avec la partie supérieure des panneaux du dessous. Cela permettra en outre d'incliner de manière différente les panneaux supérieurs et inférieurs.

#### 4.6.4. Quantité et masse des équipements embarqués

**La masse totale des équipements** embarqués sur la bouée (batteries, panneaux solaires, capteurs, émetteurs, équipements scientifiques...) **est estimée à 1300 kg**, dont 530 kg de batteries.

### 4.7. Conditions climatiques rencontrées

#### 4.7.1. Courants

La mer de Marmara est le lieu d'échanges entre les eaux de la mer Méditerranée et celles de la mer Noire.

Les eaux **denses et salées de la Méditerranée** entrent dans le bassin de Marmara par le détroit des Dardanelles. Une partie de cette eau s'écoule dans la mer Noire par le Bosphore. En retour, les **eaux fraîches de la mer Noire** coulent vers la mer de Marmara et la mer Egée à la manière d'un courant de surface caractéristique dont la vitesse maximale atteint par endroits **1,5 m/s**.

La salinité de la Méditerranée est d'environ 38 g/L, alors que celle de la veine de surface de l'eau de la mer Noire est de 26 g/L, pour une profondeur de 20 à 30 m.

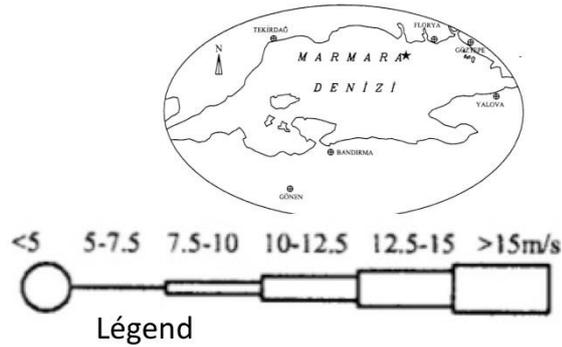
**Le courant moyen** dans les zones de mouillage des bouées MAREGAMI **est d'environ 0,8 m/s entre 0 et 20 m de profondeur, orienté du nord-est vers le sud-ouest**.

Au-delà de 30 m de profondeur, il s'oriente progressivement vers le nord-est en perdant de sa vitesse (< 0,3 m/s).

#### 4.7.2. Vents

Au niveau de la station « **Central High** » située au nord-est de la mer de Marmara, les statistiques de vent indiquent en moyenne un **vent de secteur nord-est de 13,5 nœuds**. Ce vent peut régulièrement atteindre **une vingtaine de nœuds** en hiver. En hiver et au printemps, un **vent de secteur sud-sud-ouest** souffle également à **11 nœuds**.

### Wind statistics « **Buyuk Çekmege** » 40.89° N – 28.57' E



Yearly averages (wind)

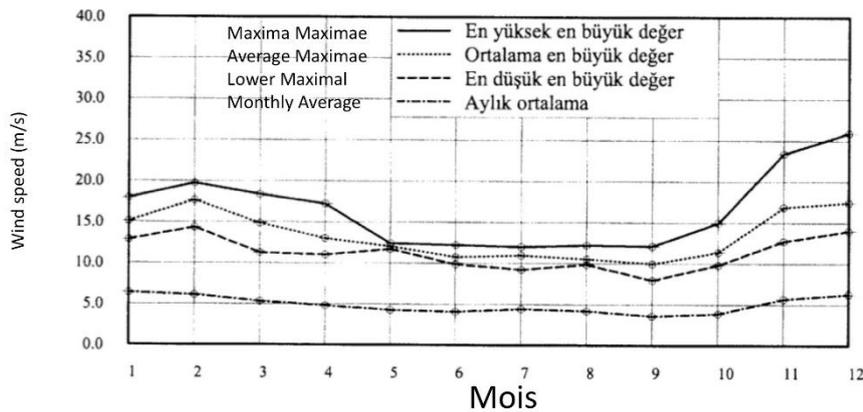
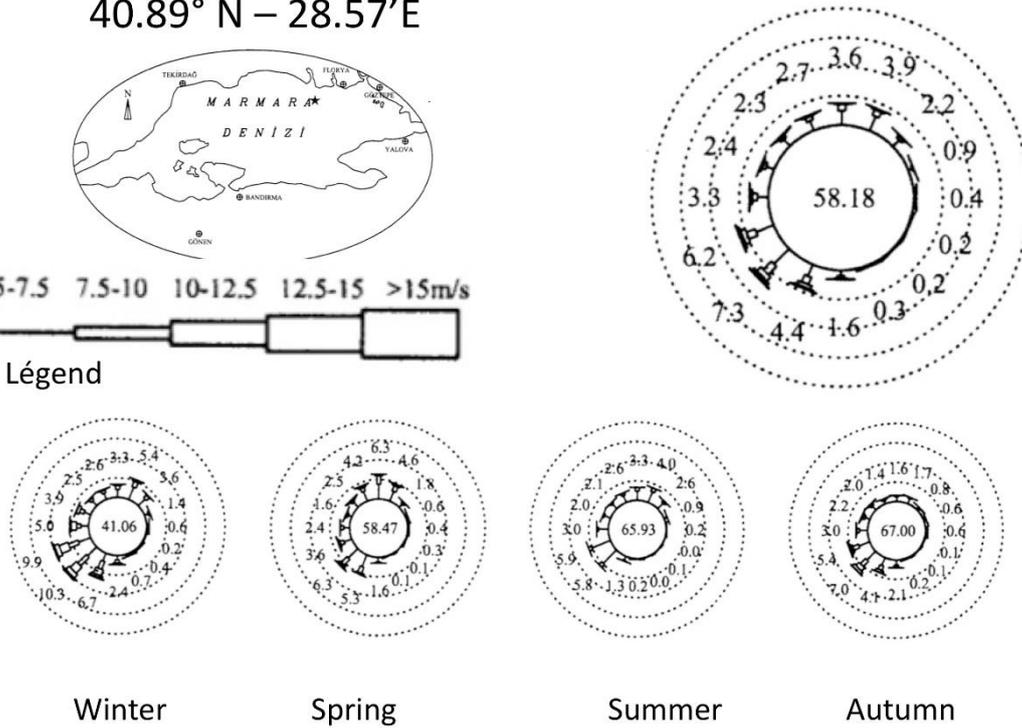
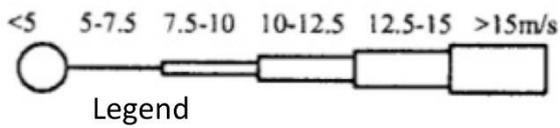


Figure 2: Statistiques de vents moyens à proximité de la station "Central High"

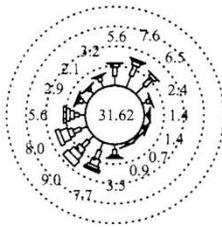
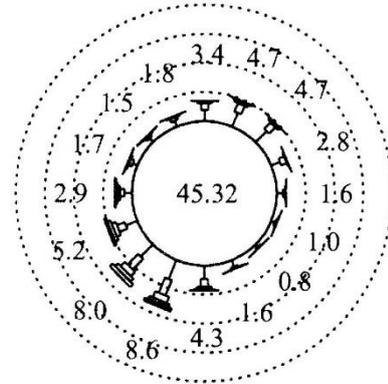
Au niveau de la station « **Western High** » située au nord-ouest de la mer de Marmara, les statistiques de vent indiquent en moyenne un **vent de secteur nord-est de 16 nœuds**. Ce vent peut régulièrement atteindre **23 nœuds** en automne. En hiver et au printemps, un **vent de secteur sud-sud-ouest** souffle également à **14 nœuds**.

### Wind statistics « North Marmara Island »

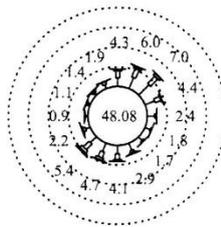
40.71'N; 27.61'E



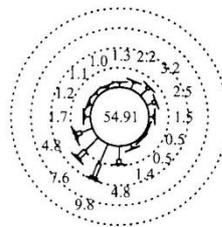
Yearly average (wind)



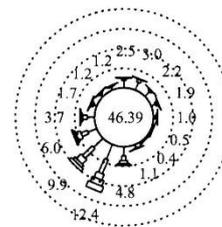
Winter



Spring



Summer



Autumn

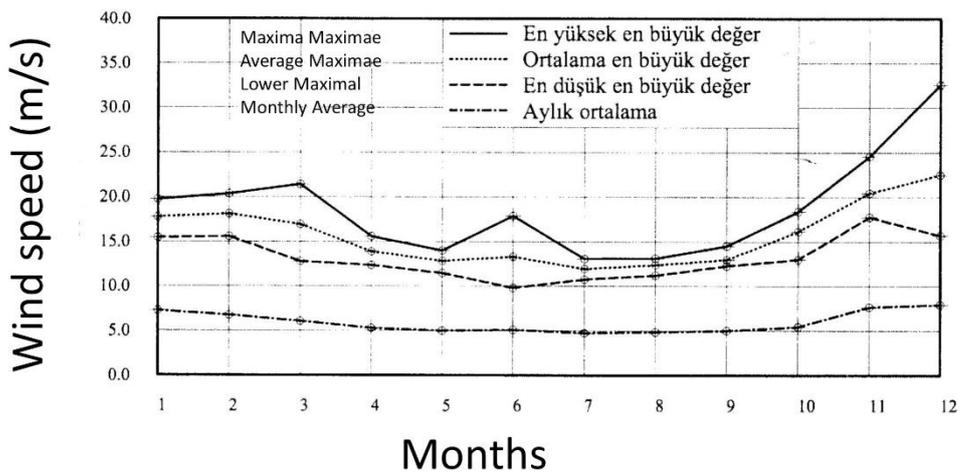


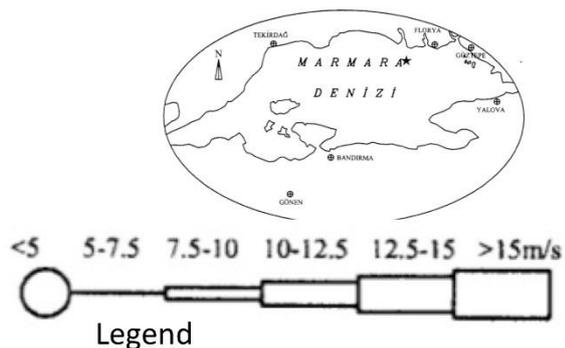
Figure 3: Statistiques de vents moyens à proximité de la station "Western High"

### 4.7.3. Vagues et houles

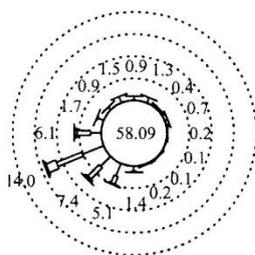
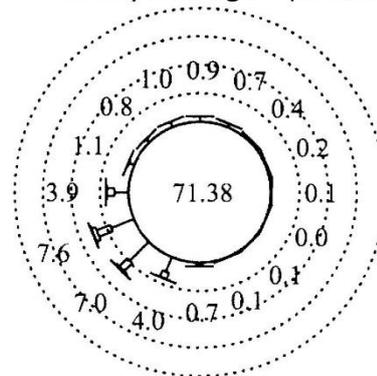
Au niveau de la bouée « **Central High** » située au Nord-Est de la mer de Marmara, les statistiques de vagues indiquent en moyenne une **houle de secteur Nord-Est de 0,5 m (période de 3 s)**.

Cette houle peut régulièrement atteindre **2 m pour une période de 5 s**, avec un maximum de **6 m pour une période de 8 s**.

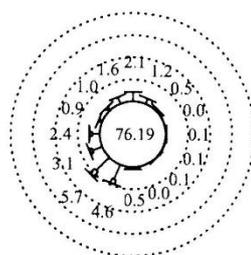
## Wave Statistics « Büyük Çekmege » 40.89° N – 28.57' E



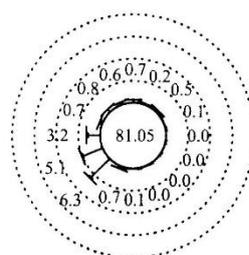
### Yearly averages (waves)



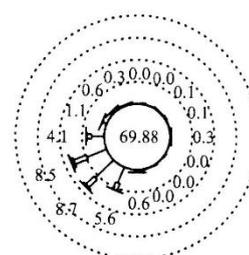
Winter



Spring



Summer



Autumn

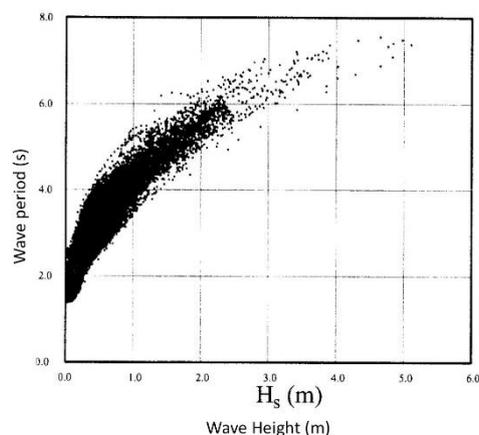
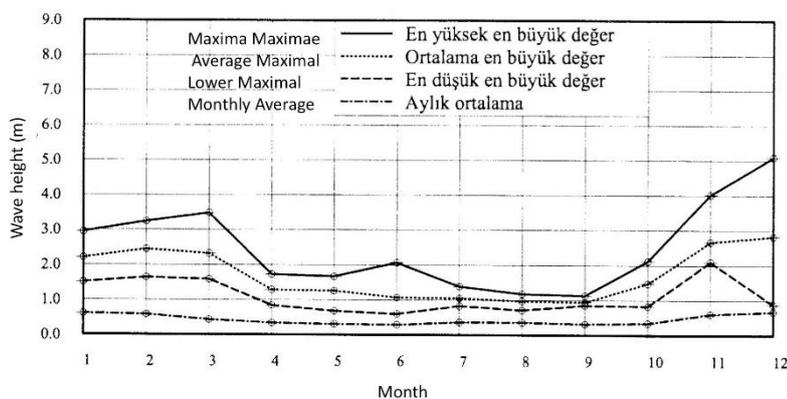


Figure 4: Statistiques de houle moyenne à proximité de la station "Central High"

Au niveau de la bouée « **Western High** » située au Nord-Ouest de la mer de Marmara, les statistiques de vagues indiquent en moyenne une **houle de secteur Nord-Est de 0,5 m**. Cette houle peut régulièrement atteindre **2 mètres pour une période de 5 secondes**, avec un maximum de **6 m pour une période de 8 s**.

### Wave statistics « North Marmara Island »

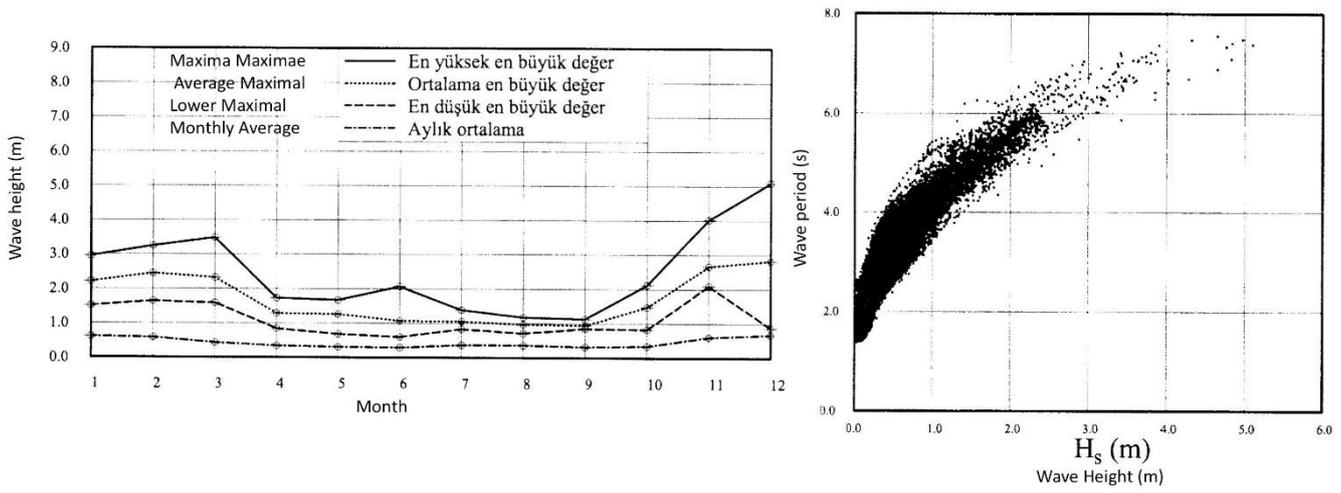
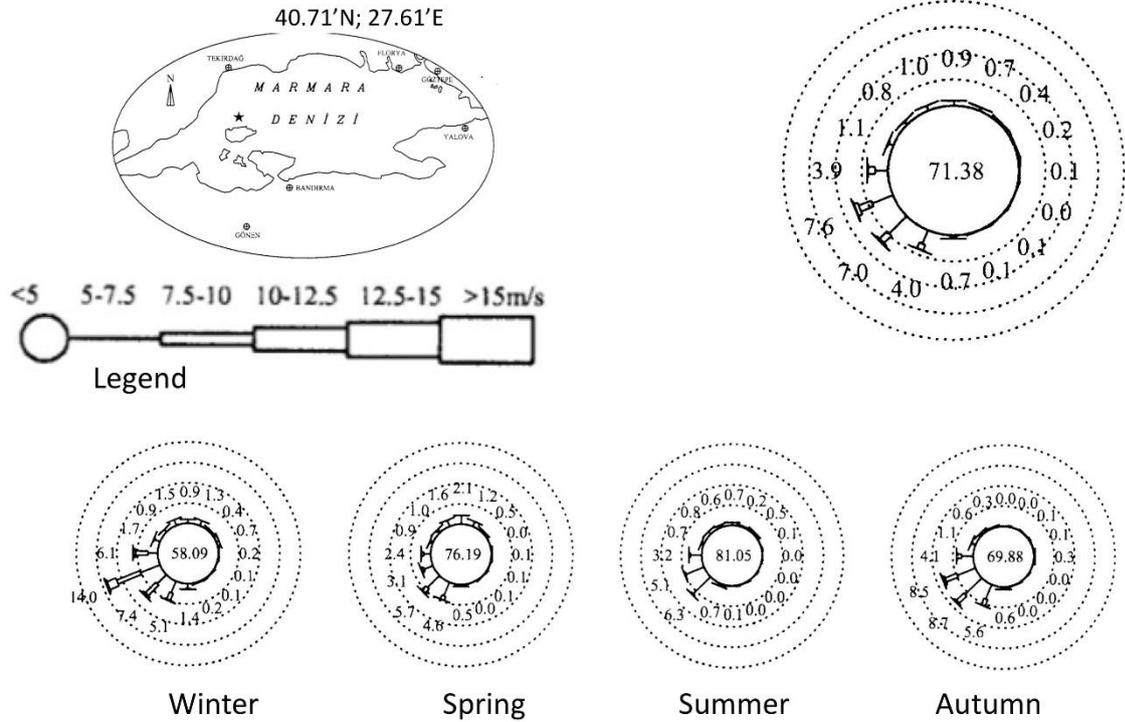


Figure 5: Statistiques de houle moyenne à proximité de la station "Western High"

#### 4.8. Contraintes de comportement à la mer

La bouée sera positionnée par un mouillage en plusieurs points (deux ou trois). Ce choix permet de contenir le rayon d'évitage dans la direction recherchée (déplacements limités par rapport aux chenaux de navigation) sans avoir les efforts importants générés par un mouillage tendu en un seul point.

La bouée devra donc présenter **deux ou trois points d'ancrage résistants aux efforts exercés par les lignes de mouillage**, en intégrant les notions de fatigue et de corrosion, pour **une durée de vie minimale de vingt ans**.

Ces efforts seront soit à calculer (OPTION C et/ou D de la limite de fourniture), soit estimés par l'Ifremer après la définition des formes définitives et des estimations de masse totale et de période propre.

Chaque ligne d'ancrage sera constituée, en partant de la bouée, par les éléments suivants :

- ✓ Un câble acier sur les trente premiers mètres,
- ✓ Une aussière synthétique qui ne devra pas être en contact avec le fond,
- ✓ Une chaîne qui assurera la liaison avec un coffre ou une ancre.

Ces éléments sont à définir par le prestataire.

#### 4.9. Gestion de la liaison fond-surface

La bouée sera reliée au nœud par un ombilical, assurant à la fois la transmission des informations techniques et des données acquises de façon bidirectionnelle entre la bouée et le nœud.

La tension transitant par l'ombilical sera d'environ 300 VDC. Les informations et les données seront transmises par des conducteurs électriques ou des fibres optiques.

##### 4.9.1. Caractéristiques de l'ombilical :

- ✓ Diamètre : l'ombilical pourrait avoir un **diamètre de 50 mm** sur la totalité de sa longueur, exceptés les **vingt premiers mètres sous l'eau** qui sont considérés comme colonisés par du fouling (**Ø 300 mm**).
- ✓ Longueur : sa longueur totale serait d'environ **1000 m**.
- ✓ Efforts : il ne sera pas en tension, mais l'effet du courant sur sa surface projetée, ainsi que sa masse, génèreront un effort important sur la pièce d'interface le liant à la bouée.

L'ombilical arrivera sous la bouée par un puits central. L'interfaçage mécanique sera réalisé par une bride boulonnée de Ø 600 mm. Sous cette bride, un limiteur de courbure intégré à l'extrémité de l'ombilical limitera la fatigue en flexion de ce-dernier.

Un tube étanche en partie basse et coudée à sa partie supérieure, guidera les fibres optiques et les câbles d'énergie jusqu'aux goulottes d'alimentation des enceintes et/ou tableaux idoines.

## 5. Présentation de la réponse

### 5.1. Contenu des offres

La réponse devra se présenter sous la forme d'un devis dont les postes sont définis dans le paragraphe « **2.3. Etendue de la fourniture** ».

Chaque poste sera associé à **un coût et à un délai**.

### 5.2. Appel à variantes

Dans son offre, le prestataire a la possibilité de présenter et de chiffrer toute variante (option H) qui lui semble opportune pour aider à une meilleure définition de la bouée.

### 5.3. Remise des offres

L'offre devra être remise au plus tard le **vendredi 16 mars 2018 à 12 heures** (heure de Paris), par messagerie électronique et sous format pdf à l'adresse suivante :

[jean.romain.lagadec@ifremer.fr](mailto:jean.romain.lagadec@ifremer.fr)

## 6. Informations complémentaires

### 6.1. Personnes en charge

Les personnes en charge de ce dossier à l'Ifremer sont :

- ✓ Jean Romain Lagadec    02 98 22 41 27    [jean.romain.lagadec@ifremer.fr](mailto:jean.romain.lagadec@ifremer.fr)
- ✓ Loïc Dussud            02 98 22 41 33    [loic.dussud@ifremer.fr](mailto:loic.dussud@ifremer.fr)

Si ce document s'avérait ne pas être suffisamment détaillé ou si certaines informations pouvaient porter à confusion, le prestataire est invité à poser toutes les questions qui lui semblent opportunes aux personnes en charge par messagerie électronique, avant la fin février. Les réponses lui parviendront également par messagerie électronique dans un délai maximal de trois jours ouvrés.

Dans un souci d'équité, les réponses aux différentes questions posées seront diffusées à l'ensemble des prestataires, au début du mois de mars.

### 6.2. Critères de choix

La sélection de la meilleure offre se fera sur la base des critères décrits ci-dessous :

- ✓ Respect de la date de livraison de la fourniture ..... noté sur 5
- ✓ Qualité et coût total de la fourniture A + B + G ..... noté sur 20
- ✓ Qualité et coût C et/ou D ..... noté sur 5
- ✓ Qualité et coût option E ..... noté sur 10
- ✓ Qualité et coût option F ..... noté sur 10

La note globale est sur 50.