

Balisage de protection des épaves historiques de la baie de Saint-Pierre de La Martinique

par Hervé BARREDA¹, Sylvie GUENOT-REBIERE², Lionel HOULLIER³ et Olivier MORNET⁴

¹Direction de la Mer Martinique - Chef de Subdivision- Responsable du Service Phares et Balises-Polmar (de 2010 à 2015) - Corrosionniste – Scaphandrier IIA tél : 0696 20 96 25

²Délégation à l'Aménagement du Territoire - Chargé de Mission Aménagement - Préfecture de région Martinique à Fort de France

³Délégué du Directeur Inter Régional de Méditerranée en Corse à Ajaccio

⁴Direction de la Mer de La Martinique - Directeur de la Mer de La Martinique à Fort de France

Résumé

Dans le cadre du projet global d'aménagement du «Grand Saint-Pierre» à Saint-Pierre de La Martinique, destiné à renforcer la dynamique de l'offre touristique et l'équilibre des territoires, le présent article décline la mise en œuvre d'une opération visant à protéger le patrimoine culturel archéologique sous-marin que sont les épaves. Ce sont en effet 10 épaves historiques, majeures, qui ont coulé le 8 mai 1902 lors de l'éruption volcanique de la Montagne Pelée. Le balisage réalisé est destiné à délimiter une zone d'interdiction de mouillage tout en offrant une zone de plongée aménagée, matérialisée par des bouées «*marque spéciale*» et par des coffres d'amarrage d'accueil de navires de plongée.

Dans le détail sont développés : la description des paramètres de calcul des mouillages (*conditions de site et navire projet*), les caractéristiques des bouées et coffres avec leurs mouillages tendus associés, le mode opératoire chronologique de mise en œuvre, le coût et le financement de l'opération.

C'est la plus importante concentration de balisage sur mouillage tendu en grande profondeur en service (-75 m), en cela, il s'agit d'une innovation. Indiquons que ce balisage, respectueux de l'environnement par absence de ragage, constitue un retour d'expérience exportable.

Mots clefs : Saint-Pierre - épave - balisage - mouillage tendu - bouée - coffre d'amarrage - protection cathodique.

Préambule

C'est dans une logique de préservation des biens culturels et patrimoniaux de la Martinique que la ville de Saint-Pierre, la Région et l'État ont pris la décision de protéger les épaves reposant dans la baie de Saint-Pierre. L'espace de protection étant situé dans la zone des 300 mètres du rivage, la commune de Saint-Pierre, maître d'ouvrage de l'opération, accompagnée, du Conseil Régional, de l'État et de l'Europe a donc mis en place la première zone d'interdiction de mouillage tout en offrant un mouillage organisé aux plongeurs.

Cette zone de mouillage interdit (*no anchorage*) et de plongée aménagée (*site for deep-sea diving*) est respectivement matérialisée par 3 bouées jaunes «*marque spéciale*» et par 4 coffres d'amarrage d'accueil des navires de plongée. Coffres d'amarrage accessibles, pour de courte durée, à tous navires inférieurs ou égal à 12 m de longueur (*restriction fixée par le navire projet*).

C'est la plus importante concentration de mouillage tendu en grande profondeur en service (-75 m pour le plus profond).

Le balisage protège les épaves historiques (*RORAÏMA, GABRIELLE, DIAMANT, DALHIA, THERESA,...* figure 10) coulées le 8 mai 1902⁽¹⁾ lors de l'éruption volcanique de la Montagne Pelée. A noter que le TAMAYA, non intégré dans la zone de mouillage interdit, est de fait protégé de par la grande profondeur (*environ 85 m*) où il se trouve. En effet, aucun navire ne mouille à ces profondeurs. De plus les plongées à l'air étant limitées à 60 m, la présence d'une bouée à cet endroit aurait pu inciter un plongeur à tenter une incursion «*main sur main*» le long d'un mouillage «*sécuritaire*» et potentiellement rassurant (*Rappelons que la narcose est systématique au delà de 60 m - Source : Institut National de plongée Professionnelle -INPP- à Marseille*).

(1) Le 8 mai 1902, à 7 h 50, le port de Saint-Pierre, en Martinique, est dévasté par une nuée ardente produite par l'éruption de la montagne Pelée. Vingt-cinq mille personnes périssent en un instant et quelque deux cents bateaux sombrent dans les profondeurs de la rade. (Source : «TAMAYA : Les épaves de Saint-Pierre» de Michel METERY)

Signalons que les clubs de plongée sont au nombre de 37 pour 1 910 licenciés (Source : Comité Martiniquais des Sports Subaquatiques -COMASSUB- Avril 2011). A noter également que La Martinique accueille plus de 85 000 plongeurs/an et Saint-Pierre en accueille quasiment la moitié (Source : Article France-Antilles des 20 et 21 février 2012).

Conditions de site et nature du fond

Soit les conditions suivantes (Sources : Météo France, Instructions Nautiques et cartes marines du SHOM) :

- Houle max 8 à 10 m période 10 à 15 s ;
- Surcote cyclonique 0,30 m à Saint-Pierre ;
- Vitesse du vent maxi 228 Km/h ;
- Vitesse du courant 1 à 3 nœuds respectivement dans les chenaux et aux extrémités Nord et Sud. Pas de vitesse donnée pour Saint-Pierre. On retiendra 0,5 nœud dans les calculs ;
- Hauteur maxi de la marée à Saint-Pierre 0,60 m.

Nature du fond : Fond de sable légèrement vaseux (*cedres de la Montagne Pelée*).

Navire projet

Le navire de plongée le plus contraignant de La Martinique, au niveau du dimensionnement des coffres d'amarrage est «PLANETE BLEUE⁽²⁾» (figure 1) à quai au Port de la Pointe du Bout aux Trois Ilets.

A noter que les navires ne sont amarrés que le temps des plongées qui n'excède pas 3 h. De plus, elles sont réalisées par beau temps. Le calcul des coffres est mené :

- par force 3 et navire amarré (houle 0,60 m, vent 19 km/h soit 10 nœuds et vitesse du courant 0,5 nœud) ;
- puis avec les conditions de site ci-avant ;

En retenant le cas le plus défavorable en l'occurrence les conditions de site ci-avant.



Figure 1 : Navire de plongée «Planète Bleue»

(2) Longueur hors-tout: 13,06m et longueur flottaison 11,60m, Largeur : 6,00m, Tirant d'eau : 1,20m, Franc-Bord avant au livet : 1,70m Franc-bord arrière au livet : 0,90m, coque plastique, masse, estimée, du navire environ 7 t

Caractéristiques des bouées et des coffres d'amarrage

Au terme d'un appel d'offre européen publié au Bulletin Officiel des Annonces de Marchés Publics (BOAMP) le marché à procédure adaptée (MAPA) a été notifié par la mairie de Saint-Pierre en novembre 2011 à l'entreprise italienne FLOATEX. Le marché concernait la «Fourniture, emballage, transport et livraison du balisage de protection des épaves historique de la baie de Saint-Pierre».

Le Service Phares et Balises-Polmar a, en qualité d'assistance à la mairie de Saint-Pierre, étudié et présenté le projet, rédigé le MAPA, participé à la commission d'appel d'offre, «recetté» la fourniture, monté les lignes de mouillage, assemblé les bouées et mouillé le balisage (figure 2).

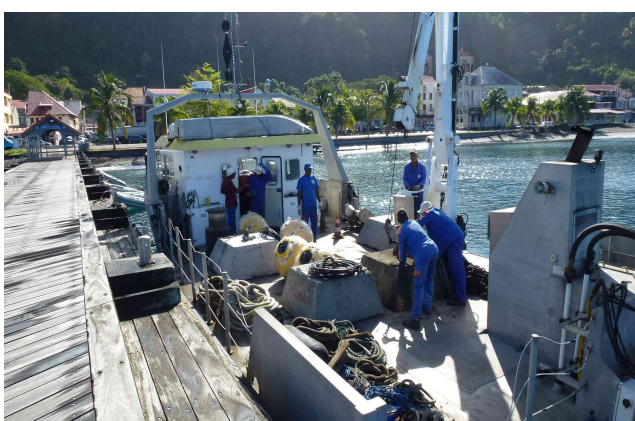


Figure 2 : Baliseur «Pointe d'Enfer» à quai à Saint-Pierre - Préparation des mouillages par l'équipage

Trois bouées jaunes "marque spéciale" type FLOATEX 1214BL-M composées de (figures 3 et 10)

- 1 voyant de jour croix de S^t André en acier galvanisé peint
- 1 espar composé de deux cylindres de diamètre 0,57m hauteur et de 0,72m chacun en polyéthylène

rotomoulé vide

- 1 flotteur en polyéthylène haute densité rotomoulé, injecté de mousse polyuréthane à cellule fermée diamètre 1,20 m hauteur 1,40 m ($1,5 \text{ m}^3$)
- 1 queue en acier galvanisé peint (*le lest est dans la queue*)
- 1 anode galvanique de 10 kg
- 1 anneau d'amarrage avec une manille de cul de bouée
- 2 pictogrammes «mouillage interdit» ($500\text{mm} \times 500\text{mm}$) à coller
- 2 pictogrammes «zone de plongée aménagée» ($500\text{mm} \times 500\text{mm}$) à coller
- 2 anneaux de levage



Figure 3 : Bouées de marque spéciale sur le parc de balisage



Figure 4 : Coffre d'amarrage sur le parc de balisage

Quatre coffre d'amarrage FLOATEX MMB1290-BB blanc composé de (Figure 4)

- 1 structure centrale en acier galvanisé peint
- 1 flotteur en polyéthylène haute densité rotomoulé, injecté de mousse polyuréthane à cellule fermée diamètre 1,20m hauteur 0,94 m ($0,85 \text{ m}^3$)
- 1 anode galvanique de 5kg
- 1 anneau d'amarrage avec manille de cul de bouée
- 1 pictogrammes «mouillage interdit» (plaque $200\text{mm} \times 200\text{mm}$)
- 1 pictogramme «zone de plongée aménagée» (plaque $200\text{mm} \times 200\text{mm}$)
- 2 anneaux d'amarrage

Deux bouées subsurfaces type FLOATEX Jumper 1209 (Figure 5)

600 litres ($0,6 \text{ m}^3$) de réserve de flottabilité pour les 2 bouées : n°2 et n°3.

Quatre bouées subsurfaces type FLOATEX Jumper 8094 (Figure 6)

200 litres ($0,2 \text{ m}^3$) de réserve de flottabilité pour les mouillage des 4 coffres



Figure 5 : Bouées subsurfaces de $0,6 \text{ m}^3$ sur le parc de balisage



Figure 6 : Bouées subsurfaces de $0,2 \text{ m}^3$ sur le parc de balisage

Caractéristiques des lignes de mouillage

Le dimensionnement a été simulé et vérifié, au niveau du projet, avec les logiciels «GPB» et «Ancrage» [1 à 3] du CEREMA Brest (MM. Nicolas AUGER et Philippe RENAUDIN).



Figure 7 : Mise en place des corps mort et des mouillages tendus avec flotteurs subsurfaces - Vérification des points d'immersion

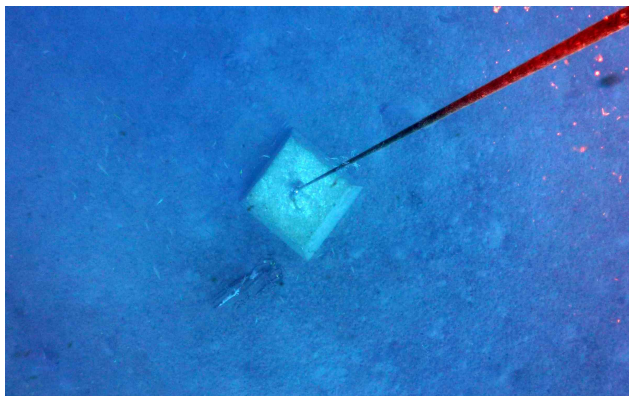


Figure 8 : Corps-mort et mouillage tendu en place

La vérification du dimensionnement des bouées et des coffres a été réalisée pour les conditions météorologiques extrêmes (voir § «Conditions de site et nature du fond»). Le dimensionnement mené avec les recommandations de l'Association Internationale de Signalisation Maritime (AISM) tient compte des hypothèses suivantes :

- les efforts de traînée sur la chaîne sont négligés ;
- l'effet dynamique de la houle est pris en compte uniquement par rapport au coefficient de sécurité sur la résistance de la ligne de mouillage ;
- mouillage tangent au fond en conditions extrêmes pour la chaîne (pour le mouillage de la bouée n°1) ;
- le corps mort est dimensionné au glissement et non à l'ensoulement ;
- l'allongement du câble (du mouillage tendu) n'est pas pris en compte.

L'utilisation d'un flotteur subsurface permet de réduire la longueur du mouillage et du rayon d'évitage et d'augmenter la réserve de flottabilité, mais en contrepartie cela augmente la masse du corps mort. Le dimensionnement proposé a été vérifié et accepté par le Titulaire du marché.

Tableau I : Récapitulatif des caractéristiques des lignes de mouillage

Désignation	Hauteur d'eau (m)	Longueur du mouillage (m)	Mouillage tendu (m et ø)	Cul de bouée (m, calibre et pas)	Dormante (m, calibre et pas)	Manilles + émerillons (ø)	Flotteur subsurface (litres)	Corps mort (t)
Bouée n°1	20	45 m de chaîne (mouillage classique)	0	15 en 25-5D	30 en 25-5D	4 manilles+ 1 émerillon (25mm)	0	1,7
Bouée n°2	75	95 mixte (mouillage tendu)	65 de PARAFIL en ø20	30 en 25-5D	0	6 manilles + 2 émerillons (25mm)	JUMPER 1290 600 litres	2,1
Bouée n°3	35	55 mixte (mouillage tendu)	25 de PARAFIL en ø20	30 en 25-5D	0	6 manilles + 2 émerillons (25mm)	JUMPER 1290 600 litres	2,1
Coffre n°1	20	25 mixte (mouillage tendu)	10 de PARAFIL en ø20	15 en 20-3D	0	2 (20mm) et 3 (25mm) + 1 émerillon (25mm)	JUMPER 8094 200 litres	1,7
Coffre n°2	30	35 mixte (mouillage tendu)	20 de PARAFIL en ø20	15 en 20-3D	0	2 (20mm) et 3 (25mm) + 1 émerillon (25mm)	JUMPER 8094 200 litres	1,7
Coffre n°3	50	55 mixte (mouillage tendu)	40 de PARAFIL en ø20	15 en 20-3D	0	2 (20mm) et 3 (25mm) + 1 émerillon (25mm)	JUMPER 8094 200 litres	1,7
Coffre n°4	40	45mixte (mouillage tendu)	30 de PARAFIL en ø20	15 en 20-3D	0	2 (20mm) et 3 (25mm) + 1 émerillon (25mm)	JUMPER 8094 200 litres	1,7

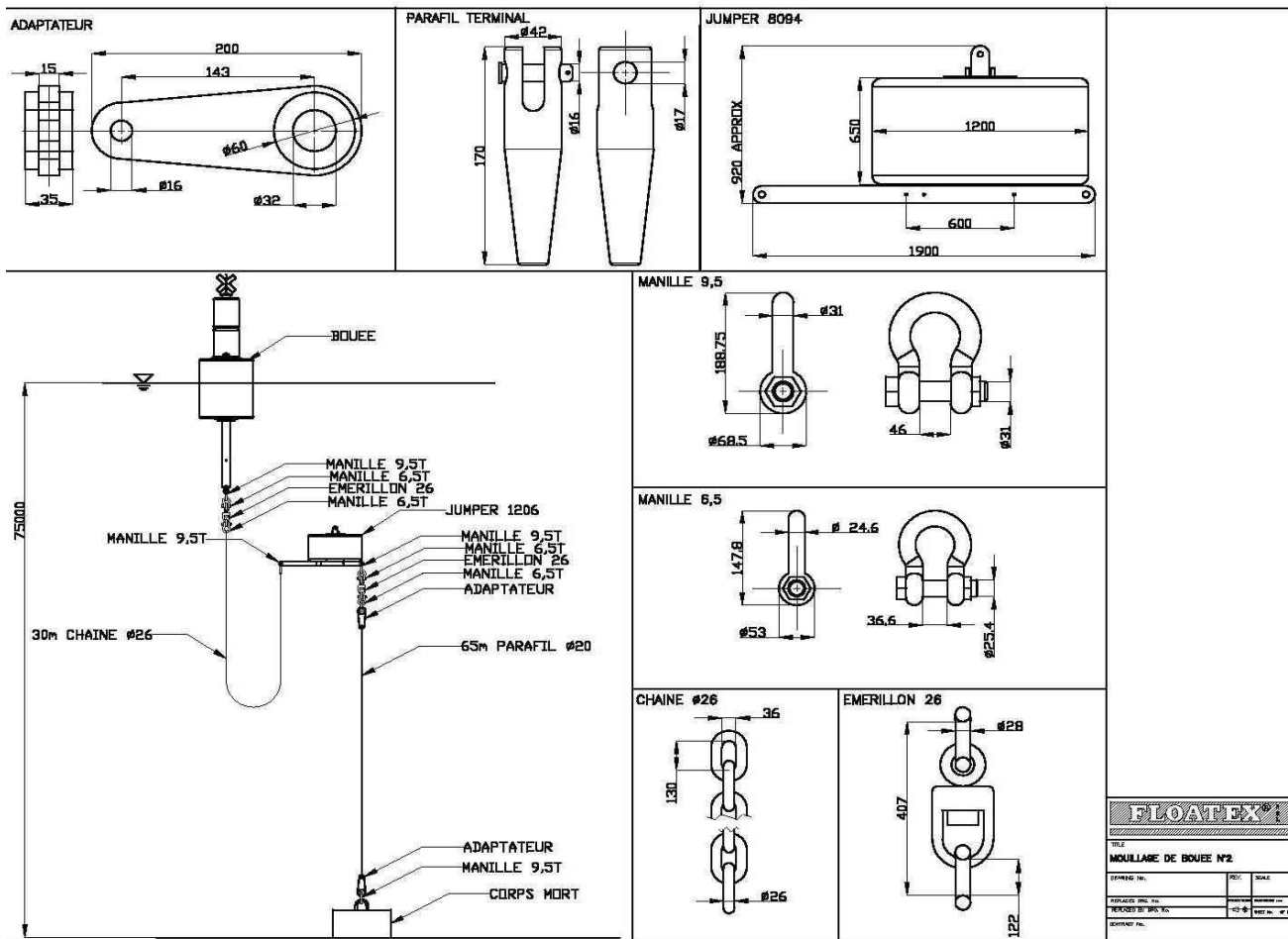


Figure 9 : Plan de principe de la bouée n°2

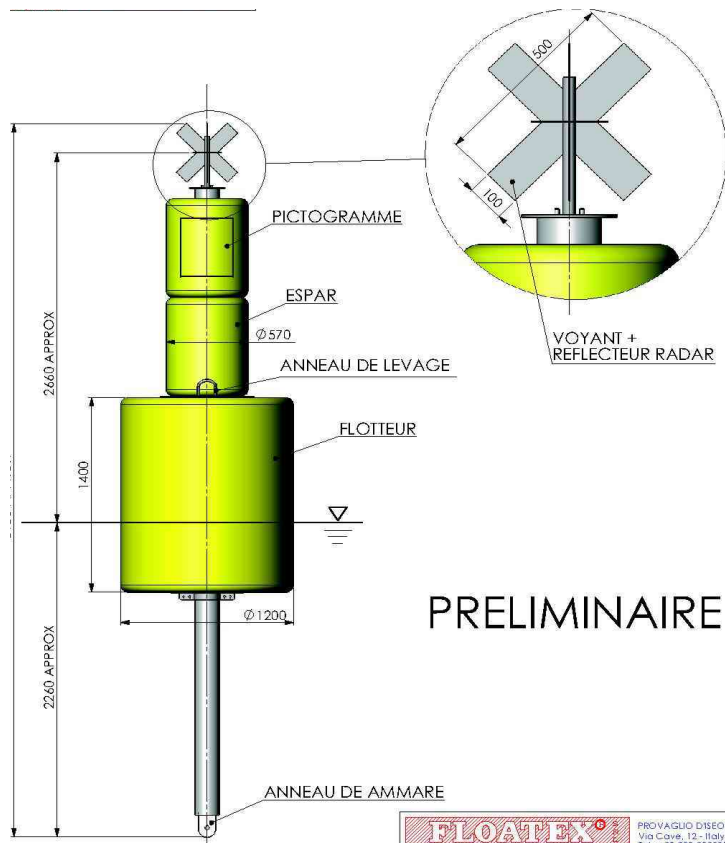


Figure 10 : Bouée de « marque spéciale »

Plans de situation et bathymétrie



Figure 11 : Extrait carte SHOM n°7089 6 et Google Earth. Réalisation BE Mission Portuaire de la DEAL (2 coffres mégaship en projet)

Arrêté de création du balisage

Suite à l'avis favorable de la Commission Nautique Locale (CNL) du 31 mai 2011 délocalisée à Saint-Pierre, l'arrêté n°11-02163 du 24 juin 2011 «portant réglementation du mouillage, de la navigation et des activités nautiques en baie de Saint-Pierre» a été signé au nom de M. Laurent PREVOST, Préfet de Région et par délégation, par M. le Secrétaire Général de la Préfecture.

L'information concernant l'application de l'arrêté a été rendue publique par voie de presse dans le quotidien France-Antilles le 7 mars et rappelée les 22 et 30 mars 2012.

Tableau II : Coordonnées géographiques en WGS 84 en degrés et minutes décimales des bouées et des coffres d'amarrage

Bouée n°1	Bouée n°2	Bouée n°3	Coffre n°1	Coffre n°2	Coffre n°3	Coffre n°4
61°10,688' W	61°10,954' W	61°10,748' W	61°10,689' W	61°10,729' W	61°10,834' W	61°10,763' W
14°44,635' N	14°44,367' N	14°44,205' N	14°44,596' N	14°44,481' N	14°44,430' N	14°44,264' N
Profondeur 20 m	Profondeur 75 m	Profondeur 35 m	Profondeur 20 m	Profondeur 30 m	Profondeur 50 m	Profondeur 40 m

Mode opératoire de mise en œuvre

Choix du type de mouillage

Les bouées n°2 et n°3 (figures 9 et 10) et les 4 coffres sont sur mouillage tendu (câble Ø20mm en Kevlar revêtu - 7,5t de tension à la rupture) avec flotteur subsurface immergé. Cette disposition est destinée à annuler le ragage sur le fond, qui aurait risqué de détruire les épaves et à augmenter le franc bord par allègement de la masse de mouillage à supporter.

A noter que la chaîne «frappée» sur le flotteur subsurface immergé est destinée à amortir les efforts générés par : la houle, le vent, le courant et le navire amarré (pour les coffres).

Interventions préparatoires

Chronologiquement les opérations in situ ont débuté début février 2012 ; les corps-mort (figure 8) des 6 mouillages tendus avec flotteurs subsurfaces associés ont été descendus, en douceur, à l'aide du cabestan du baliseur (figure 15).

Les 4 corps-mort des coffres d'amarrage ont été déposés sur les points préalablement identifiés par de petites bouées signal. Précisons que les bouées signal de repérage ont été positionnées par les clubs de plongée (Norcasub Plongée, Surcouf Dive et UCPA) sur des points clairement réputés exempt de restes d'épaves.

Cette disposition a fait l'objet d'une réunion préparatoire avec les principaux représentants des clubs de plongée Nord Martinique qui s'est tenue, fin janvier 2012, à la Direction de la Mer à Fort de France.

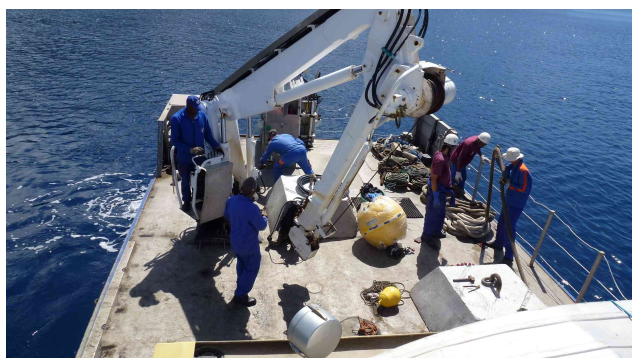


Figure 12 : Baliseur en route sur une bouée signal



Figure 13 : Manillage sur la cigale d'un câble de mouillage tendu



Figure 14 : Débordement d'un corps-mort avec la grue



Figure 15 : Descente d'un corps mort à l'aide du cabestan

Cérémonie de pose de la première bouée

La cérémonie a eu lieu le samedi 18 février en présence des administrations porteuses de l'opération et des autorités intéressées (figures 16 et 17), soit (liste non exhaustive) :

MM. le Préfet de Région, le Sous-Préfet de Saint-Pierre, le représentant de M^{me} la Présidente du Conseil Général, le représentant du Président du Conseil Régional, le Maire, les représentants des professionnels pêcheurs, les pilotes maritimes, les plaisanciers, les professionnels de la plongée, M^{me} la Conservatrice de l'Archéologie des Affaires Culturelles, M^{me} la Présidente du COMASSUB, ainsi que Patrick CHAMOISEAU, Écrivain et Responsable des grands projets à caractère patrimonial auprès du Conseil Régional,...



Figure 16 : Cérémonie de pose de la première bouée n°1 (ligne de mouillage classique à chaîne).



Figure 17 : Cérémonie de pose de la première bouée. Navire support des personnalités et des médias

«Manillage» et mouillage

Fin février, est intervenu le baliseur «Pointe d'Enfer» avec son équipage renforcé par une équipe de scaphandriers constituée pour l'occasion⁽³⁾. La mission consistait à :

- «maniller» et mouiller les 2 bouées et les 4 coffres sur les bouées subsurfaces (figures 21 et 23) ;
- et fixer une anode additionnelle sur chaque corps-mort pour se prémunir des risques de corrosion galvanique [4 à 8] entre les différents métaux constituant l'attache (figures 13 et 25)

(3) dont MM. Michel METERY codécouvreur des épaves de Saint-Pierre - ancien membre de l'équipage de la «Calypso» du Commandant COUSTEAU et Laurent SUPIOT Directeur de l'UCPA de Saint-Pierre.

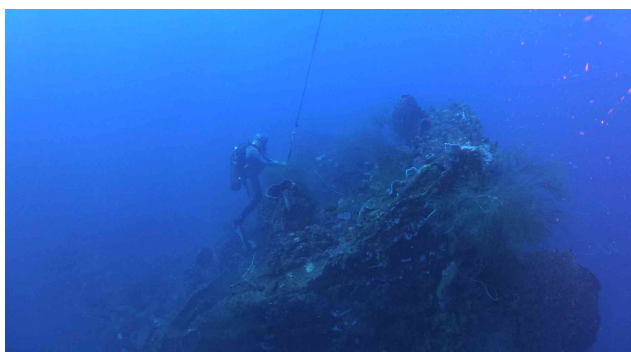


Figure 18 : Enlèvement de la bouée indiquant le «Roraima» -60m. Risque d'emmêlement avec le mouillage du coffre



Figure 19 : Préparation des coffres d'amarrage sur le «Pointe d'Enfer»



Figure 20 : Mouillage d'un coffre d'amarrage

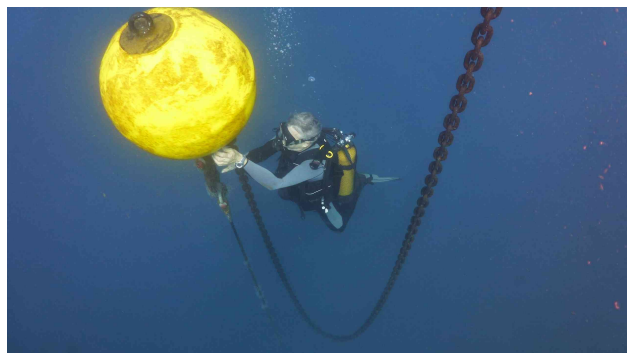


Figure 21 : Manillage d'un coffre sur le flotteur subsurface



Figure 22 : Préparation des bouées sur le «Pointe d'Enfer»

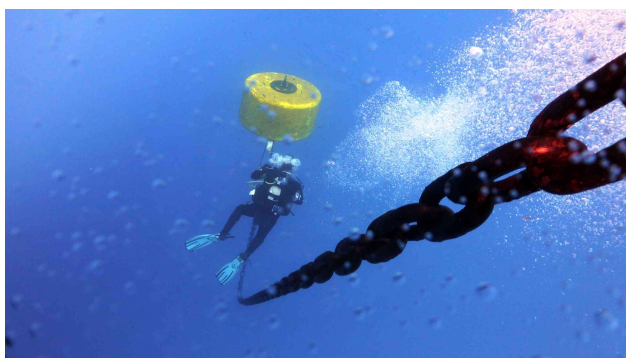


Figure 23 : Manillage d'une bouée sur le flotteur subsurface

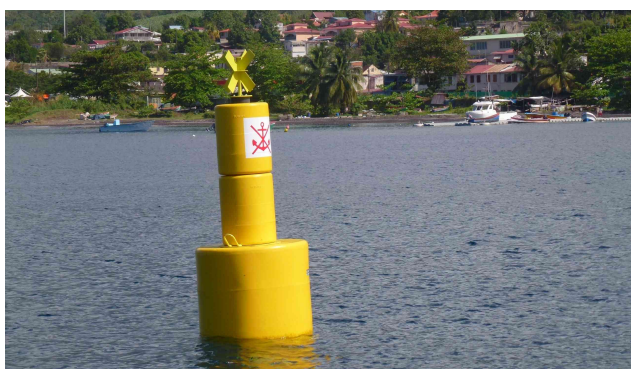


Figure 24 : Bouée en place

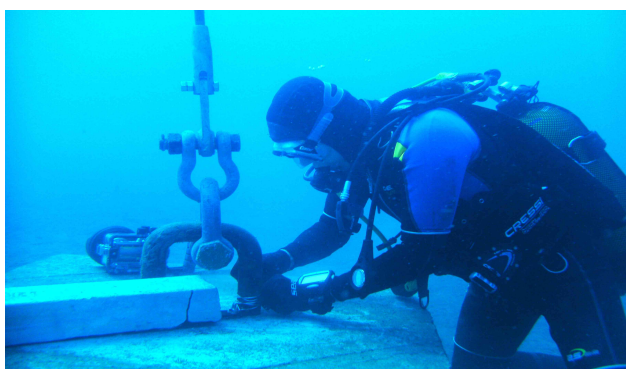


Figure 25 : Fixation d'une anode sur la cigale d'un corps mort

Coût de l'opération

Il s'élève à environ 60 000 €TTC, soit :

- 36 825 € correspondant au marché de matériel (bouées, coffres, mouillages,...) et transport ;
- 22 568 € suite à la convention de mise en œuvre signée entre la Mairie de Saint-Pierre et le Service PetB-Polmar (fourniture des corps-mort, montage des bouées, des mouillages, intervention baliseur,...).

Une convention d'entretien du balisage de 7595 €/an, a été signée entre la Mairie et le Service PetB-Polmar.



Figure 26 : Vue de la baie de Saint-Pierre avec le balisage en place

Financement

Le projet de financement étudié et mis en place par la Délégation à l'Aménagement du Territoire (DAT) de la Préfecture de région Martinique, se décline comme suit :

- Europe 44 % ;
- Région Martinique 22 % ;
- Commune de Saint-Pierre 15 % ;
- DEAL (*Direction de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement*) 11 % ;
- DAC (*Direction des Affaires Culturelles*) 8 %.

Conclusions et perspectives

Cette méthode de balisage qui utilise les mouillages tendus est simple à mettre en œuvre, préservatrice des fonds marins et de la flore sous marine par l'absence de ragage. Elle présente toute les garanties de durabilité vis à vis de sollicitations météo-océaniques sévères, compte tenu de toutes les précautions et dispositions constructives qui ont été prises. La méthode peut être utilisée indifféremment dans des mers sans marnage ou ayant un marnage moyen de 3 à 4 mètres ainsi que par petits (-20 m) et grands fonds (-75 m et plus). De plus cette méthode de balisage constituera un retour d'expérience exportable vers d'autres pays intéressés.

Références bibliographiques

- [1] (1998) Recommendation on the design of normal moorings - IALA/AISM, E-107. S^t Germain en Laye.
- [2] (1997) Signalisation maritime - Documentation technique du CETMEF - Exploitation du balisage - Lignes de mouillages. Compiègne.
- [3] Guideline n°1066 on the design of floating aid to navigation moorings - IALA/AISM. S^t Germain en Laye.
- [4] A. HACHE (1977) *La corrosion des métaux*. Presses Universitaires de France à Vendôme.
- [5] F. LEMAIRE (1988) *La protection contre la corrosion des structures métalliques immergées*. Service Technique Central des Ports Maritimes et Voies Navigables, Notice STC-QG n°88-2 Compiègne.
- [6] J. J. LAMOUREUX (1994) *Précis de corrosion*. Éditions Beauchemin, Laval province du Québec Canada.
- [7] H. BARREDA, A. LAZZERI (1995) *Protection cathodique des palplanches en eau de mer dimensionnement des anodes sacrificielles*. Note technique du bulletin de liaison des Ponts & Chaussées (janvier) n°195, LCPC Paris.
- [8] H. BARREDA, C. HUBERT, C. FARDELLA (2002) *Systèmes de protection anticorrosion duplex de structures métalliques à la mer*. Actes du 2^{èmes} colloque international d'Aix en Provence sur la protection cathodique et les revêtements associés (juin) CEFRACOR Paris.