

# ANNEXE 7 au Cerfa N°14734\*03



Pointe à Pitre, le 7 septembre 2021

## **Note synthétique concernant le projet DPHI dans le cadre d'une demande d'AOT et d'une étude Cas par Cas**

Pr. J.L. MANSOT, Mr. J. FORNARO

### **Sommaire :**

- 1- Objectif du projet objet de la demande d'AOT :**
- 2 – Structuration des coûts du projet :**
- 3- Localisation du site d'immersion, structure et occupation du fond marin :**
- 4- Matériaux de construction du démonstrateur et fluides utilisés :**
- 5- Les nuisances potentielles :**

### **1- Objectif du projet objet de la demande d'AOT :**

Le projet de recherche collaboratif TPMAT-Université, objet de la demande d'AOT, concerne l'évaluation, en conditions réelles d'immersion marine par 10 m de profondeur, d'un Démonstrateur de Production d'énergie Houlomoteur Immergé (DPHI) dont la technologie a été développée et brevetée par deux co-inventeurs Guadeloupéens (J.L. Mansot, Jean Fornaro).

Pour cette période d'essai l'immersion du DPHI est prévue en mars 2022 et son retrait en novembre 2022 à l'issue de la saison cyclonique.

Cette période d'essais permettra d'étudier le comportement des DPHI jusqu'à la période des cyclones afin d'évaluer leurs performances (robustesse, rendement, maintenance), leur effet sur la faune et la flore marine (effet récif ou DCP) par un suivi écologique périodique et leur sensibilité aux événements climatiques extrêmes (tempêtes, cyclones). Les données acquises durant la période d'essai permettront d'évaluer la pertinence de la technologie en déduisant les dépenses d'investissement (CAPEX), les dépenses d'exploitation (OPEX) et le coût de production du kWh pour une centrale de moyenne puissance (quelques MW).

### **2 – Structuration des coûts du projet :**

Le projet DPHI est un projet de recherche/développement collaboratif cofinancé Europe (FEDER), Région Guadeloupe, TPMat et Université des Antilles pour un budget global de 712 608,90 euros qui se répartit selon plusieurs actions :

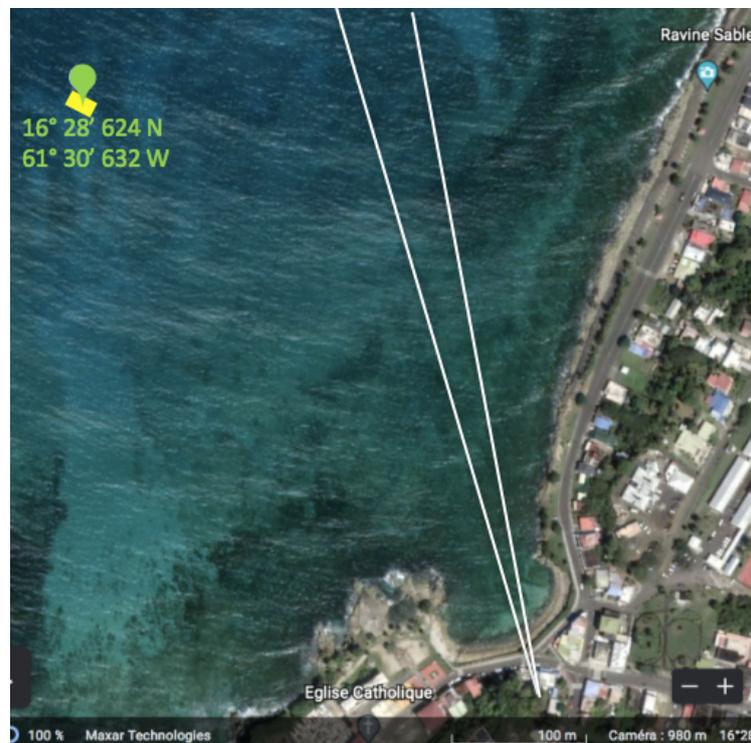
- le développement de nouvelles technologies (générateurs électriques linéaires et leurs électroniques de conversion), intégrant la construction de bancs d'essais, l'acquisition des aimants et bobines,

- le développement des logiciels et d'électroniques de contrôle du fonctionnement, d'acquisition, de transmission et de traitement des données, intégrant l'acquisition des ordinateurs et électroniques d'acquisition et de contrôle
- la construction des différents modules et leur assemblage,
- les tests terrestres,
- l'acheminement des dispositifs jusqu'au littoral,
- l'immersion des dispositifs sur le site sélectionné,
- le suivi du fonctionnement des dispositifs et le suivi écologique associé,
- le traitement, l'analyse et l'interprétation des données acquises,
- le retrait des dispositifs et leur repli à terre pour subir les expertises,
- la bilan écologique final,
- la rédaction de publications dans des journaux scientifiques internationaux
- la présentation de conférences dans des congrès nationaux et internationaux
- la rédaction des rapports d'exécution intermédiaires et final et des comptes rendus financiers (remontées de dépenses) à destination des cofinanceurs.

Les coûts des travaux sous-marins proprement dits, qui consistent en l'installation et la désinstallation du démonstrateur, s'élèvent à 50452,5 euros (voir budget détaillé en annexe).

### 3- Localisation du site d'immersion, structure et occupation du fond marin :

Les figures 1 et 2 présentent la localisation du site d'immersion au large des côtes d'Anse Bertrand. Les figures 3 et 4 montrent la structure sableuse dépourvue de macro organismes (algues, coraux, ...) du fond marin au niveau du site d'immersion et son environnement rocheux.



**Figure 1 :** Localisation (bulle verte) du lieu d'immersion du démonstrateur à environ 400 m au large des côtes d'Anse Bertrand. Les deux lignes blanches représentent les limites du secteur blanc du feu d'atterrage, le rectangle jaune représente, à l'échelle, l'espace maximum occupé par le démonstrateur constitué par deux dispositifs placés côte à côte comme sur la figure 7.



**Figure 2 :** localisation du DPHI (rectangle rouge indiqué par la flèche rouge) sur la carte de de la zone d'Anse Bertrand (Carte document SHOM).



**Figure 3 :** Aspect du fond marin (Photo Claude Bouchon) au niveau du site d'immersion. Il s'agit d'une dépression sédimentaire située à -10 m couverte de sable fin bien calibré d'origine corallienne, parcouru par des « *ripple-marks* ». On peut noter la présence de débris d'algues en épaves arrachées aux roches environnantes.



**Figure 4 :** Vue du site d'implantation (Photo Claude Bouchon) depuis la dalle rocheuse entourant la zone sableuse. La communauté benthique des fonds rocheux est dominée par des Algues Brunes (*Dictyota cf. pulchella* et *Dictyopterix jolyana*), des coraux et éponges y sont présents de façon dispersée.

Le bilan écologique initial réalisé sur le site par le Pr. Claude Bouchon, l'Ingénieur de Recherche Yolande Bouchon et le Technicien Sébastien Cordonnier spécialistes de biologie marine conclut :

*« Le site étudié dispose de deux zones sédimentaires tout à fait adaptées à l'installation d'une ou plusieurs unités expérimentales houlomotrices DPHI.*

*L'absence de communauté végétale ou animale pérenne sur ces fonds de sable garantit l'innocuité du dispositif expérimental DPHI sur cet habitat.*

*De même, l'installation d'une ou plusieurs unités expérimentales DPHI au centre des zones de sable met à l'abri de perturbations éventuelles les communautés marines des fonds rocheux périphériques. Celles-ci présentent une biodiversité faible et leur état actuel est peu susceptible d'être dégradé par l'expérimentation prévue. »*

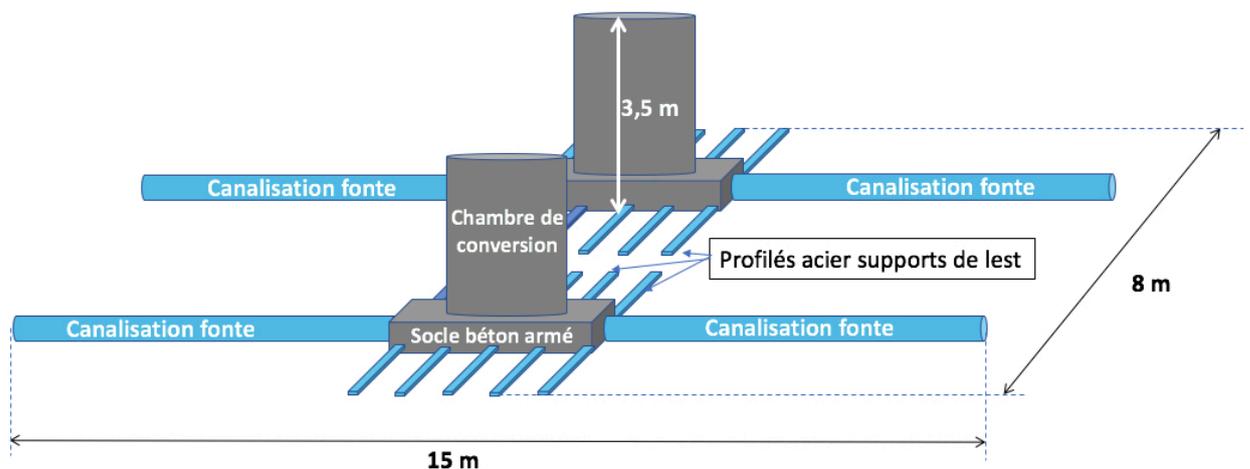
Les figures 5 et 6 montrent une vue aérienne et une vue sous-marine du positionnement du premier prototype DPHI immergé du 23 au 26 juillet 2021 pour optimiser la procédure d'installation désinstallation du DPHI et réaliser la preuve de concept.



**Figure 5 :** Positionnement parfait du DPHI (tache sombre au centre de l'image indiquée par la flèche) sur la nappe de sable correspondant à l'aire d'installation sélectionnée (photo aérienne S. Fornaro).



**Figure 6 :** Implantation du DPHI sur le fond marin sableux (photo sous-marine ATSM) au milieu de la zone sableuse. Compte tenu de la courte durée d'immersion les flotteurs gonflables ayant permis la mise en flottaison puis l'immersion du DPHI ont été maintenus en place pour faciliter la manœuvre de remise en flottaison pour la désinstallation.



**Figure 7 :** Schéma représentant l'installation des deux prototypes DPHI sur le site d'implantation. Au stade actuel le choix de l'immersion d'un ou deux DPHI sera guidé par la puissance produite par un DPHI. Le poids total d'un DPHI avec ses canalisations est de l'ordre de 14 t.

L'installation du DPHI ne nécessite aucune modification du fond marin, le DPHI est simplement déposé sur le fond sableux (figure 6). Son poids apparent dans l'eau (de l'ordre de 7 t) le stabilise verticalement seuls quelques pieux solidaires de l'embase et des canalisations seront fixés dans le sol rocheux sous-jacent à la couche de sable pour stabiliser latéralement le DPHI et ses canalisations afin d'accroître la résistance du démonstrateur aux événements climatiques extrêmes qu'il est en mesure de subir (tempêtes, cyclones).

#### 4- Matériaux de construction du démonstrateur et fluides utilisés :

Les matériaux de construction du DPHI et leur fraction pondérale dans la construction sont :

- Béton armé dont la surface est brut de décoffrage (72% en poids)

- Acier à béton, profilés acier, canalisations en fonte (17,3% en poids)
- Acier inox 316L (8,6% en poids)
- Aimants en NdFeB (0,6% en poids)
- bobines cuivre (0,5% en poids)
- Polystyrène expansé (scellé dans compartiment acier inox) (0,4% en poids)
- résine époxy (0,6% en poids)

Les aimants NdFeB et les bobines en cuivre sont noyées dans la résine époxy pour éviter les contacts directs avec l'eau de mer. La résine époxy est celle utilisée pour la construction de coques de bateaux.

Les accumulateurs et les dispositifs électroniques de contrôle et d'acquisition sont quant à eux placés sur la base du DPHI enfermés dans des caissons étanches en acier inox 316L.

Les fluides utilisés dans le DPHI sont :

- l'air captif à l'intérieur des chambres du dispositif,
- l'eau de mer qui entre et ressort des chambres du dispositif au rythme du passage des vagues au-dessus du DPHI.

Le DPHI étant insensible au fouling la surface extérieure béton est donc non traitée et peut accueillir des organismes marins.

Les mécanismes intérieurs, sans frottement, sont dépourvus de toute lubrification autre que l'eau de mer.

L'eau de mer est donc en contact avec les surfaces béton, acier inox 316L et résine époxy qui sont des matériaux connus pour l'absence ou leur très faible impact sur le milieu marin.

## **5- Les nuisances potentielles :**

### **Nuisances visuelles :**

Du fait de son immersion à 10 m de profondeur le DPHI dont la hauteur sera comprise entre 3,5 et 4 m ne génère pas de nuisance visuelle en surface en dehors de son mât émergeant à 5 m au-dessus de la surface support de la signalisation maritime (marque spéciale croix de Saint André jaune + feu à éclat), du capteur d'amplitude de vague et du dispositif de transmission 4G.

### **Nuisances sonores :**

Les enregistrements du premier prototype DPHI immergé et en fonctionnement réalisés le 24 juillet par monsieur Thibault Rossard de l'Observatoire des Mammifères Marins de l'Archipel Guadeloupéen (OMMAG) à l'aide d'un hydrophone placé contre une chambre de collection (0 m) puis à 2 m et 5 m du DPHI ont permis de montrer que le dispositif était silencieux, le bruit généré par son fonctionnement étant dominé par les bruits environnementaux et inaudible au-delà de 2m du DPHI.

### **Risques d'aspiration des poissons et autres organismes marins :**

Le flux alternatif pulsé entrant-sortant de l'eau de mer dans le DPHI au rythme du passage des vagues ne devrait pas conduire à l'aspiration et l'emprisonnement de poissons dans le DPHI. Nous avons néanmoins placé en embouchure des canalisations un grillage à maille

rectangulaire 2 cm x 1cm afin d'éviter outre l'aspiration de poissons la colonisation des canalisations par les oursins et autres organismes.

### Autres impacts :

Le DPHI a pour vocation de produire de l'électricité en utilisant l'énergie de la houle et des vagues. Le DPHI devrait délivrer une puissance maximale de l'ordre du kW sous forme de courant continu sous une tension de l'ordre de 20 V (tests des nouveaux générateurs en cours de réalisation). La partie génératrice et l'électronique de redressement de l'électricité est interne au DPHI enfermée dans un sas fermé par un couvercle épais en acier. Les champs magnétiques qui pourraient être générés par le courant alternatif initial sont donc écartés par le dispositif qui constitue une cage de Faraday empêchant la propagation des champs électromagnétiques hors du DPHI dans l'environnement.

Les accumulateurs et les dispositifs électroniques embarqués sont quant à eux enfermés dans des caissons étanches en inox 316L qui constituent eux aussi des cages de Faraday.

L'énergie électrique est pour partie utilisée par le DPHI pour l'alimentation de ses équipements informatiques embarqués et pour l'alimentation du feu à éclat et du système de transmission des données placés sur le mât. L'excédent est dissipé dans des résistances basse température placées dans le sable sous la base du DPHI ou fixées au mât (le choix n'est pas encore fait).

### Annexe budgétaire prévisionnelle du projet

Budget prévisionnel TPMAT pour le projet DPHI						
Catégories de dépenses	Sous catégories de dépenses	Montant prévisionnel total TTC	Montant prévisionnel total HT	%	Ventilation par année	
					Année 2020	Année 2021
Achat de consommables		77797,24		33,68	27000	50797,24
Dépense directe de location et de sous-traitance		34820		15,08	2500	32320
Achat équipement				0,00		0
Fonctionnement forfaitaire	20% de la masse salariale (hors retraités)	19314,8		8,36	5000	14314,8
Dépenses directes de personnel	Salaires, gratifications, charges sociales liées, traitements accessoires....	96574		41,81	21436	75138
Frais de missions en lien avec la réalisation du projet incluant transport aérien, maritime et terrestre ,frais d' hébergement et de restauration		2469,38		1,07	0	2469,38
Autres dépenses (à spécifier)				0,00		0
<b>TOTAL dépenses prévisionnelles</b>		<b>230975,42</b>		<b>100,00</b>	<b>55936</b>	<b>175039,42</b>
Budget prévisionnel Université des Antilles (laboratoires BOREA et C3MAG) pour le projet DPHI						
Catégories de dépenses	Sous catégories de dépenses	Montant prévisionnel total TTC	Montant prévisionnel total HT	%	Ventilation par année	
					Année 2020	Année 2021
Achat de consommables		49035,75		10,18		49035,75
Dépense directe de location et de sous-traitance (travaux subaquatiques)		50452,5		10,48	5967,5	44485
Achat équipement		76617,84		15,91		76617,84
Fonctionnement forfaitaire	20% de la masse salariale (hors retraités)	43311,4		8,99	11872,9	31438,5
Dépenses directes de personnel	Salaires, gratifications, charges sociales liées, traitements accessoires....	239339,25		49,69	69503,75	169835,5
Frais de missions en lien avec la réalisation du projet incluant transport aérien, maritime et terrestre ,frais d' hébergement et de restauration		18476,77		3,84	1224	17252,77
Autres dépenses (à spécifier)		4400		0,91		4400
<b>TOTAL dépenses prévisionnelles</b>		<b>481633,51</b>		<b>100,00</b>	<b>88568,15</b>	<b>393065,36</b>
<b>Coût total projet DPHI</b>		<b>712608,9</b>				