# Etude de justification des moyens techniques prévus destinés à assurer la surveillance de la navigation

Projet de parc éolien en mer au large de Saint Nazaire

Version du 18 juin 2013

# **Préambule**

Conformément à l'article 6.3.1.h « Levée de risques pouvant faire obstacle à la mise en service » de l'appel d'offres n° 2011/S 126-208873 portant sur des installations éoliennes de production d'électricité en mer en France métropolitaine, la société Parc Eolien du Banc de Guérande, maître d'ouvrage du projet de parc éolien en mer de Saint Nazaire, a l'obligation de produire auprès du ministre chargé de la mer et au préfet maritime une étude de justification des moyens techniques prévus destinés à assurer la surveillance de la navigation. Cette étude est l'objet du présent rapport.

#### 6.3 « Levée de risques pouvant faire obstacle à la mise en service »

Afin d'identifier au plus tôt les risques de non réalisation du projet, ou de retard dans la mise en service de l'installation, le candidat retenu au terme de l'appel d'offres s'engage, à réaliser certaines études et à en fournir les résultats au représentant de l'Etat référent.

#### 6.3.1 Réalisations d'études

Au plus tard à la date T0+ 18 mois, le candidat retenu fournit les éléments listés ci-dessous, afin de lever une première partie des risques sur la faisabilité de l'installation objet de l'offre dans les conditions de prix proposées. Les études nécessaires à l'établissement de ces éléments sont réalisées aux frais et risques du candidat retenu, en liaison avec les services de l'Etat concernés (DIRM, DREAL, DDTM). Les cartographies\* demandées doivent toutes être fournies à la même échelle (1/50000) et utiliser comme référence, au moins, le système géodésique WGS 84. Les documents à fournir sont :

[...]

- h- une étude de justification des moyens techniques prévus destinés à assurer la surveillance de la navigation, soumise pour avis au ministre chargé de la mer et au préfet maritime, au plus tard quatorze (14) mois après notification de la décision par les ministres compétents. Les avis du ministre et du préfet maritime ou, en leur absence, la preuve que le délai minimum mentionné ci-dessus a été respecté, sont joints à l'étude ;

<sup>\*</sup> l'ensemble des figures présentées dans ce rapport ne constitue pas des cartes telles que mentionnées. Il s'agit de figures d'illustrations justifiant l'évaluation des incidences du projet sur les moyens de surveillance existant et des moyens complémentaires prévus.

# 1 Résumé exécutif

La surveillance vise à recueillir des informations en vue de décider ou d'agir. La surveillance maritime, qui concerne essentiellement les activités maritimes, est une composante essentielle du dispositif de sécurité et de sûreté maritime. Elle contribue aussi aux diverses missions de police en mer, à la régulation des activités maritimes et à la protection de l'environnement marin. Il est donc essentiel que le futur parc éolien *préserve les capacités correspondantes et contribue si possible à les améliorer*.

Par ailleurs, la présence d'un parc éolien entraîne des *besoins supplémentaires de surveillance*, liés d'une part aux activités spécifiques à la construction puis à l'exploitation du parc, d'autre part à l'apparition d'interférences potentielles entre le parc éolien et les autres activités maritimes qui s'exercent dans l'espace de la concession ou à ses abords.

L'étude des impacts sur les moyens de surveillance existants et des moyens de surveillance spécifiques nécessaires à la surveillance du parc éolien lors des différentes phases de la vie du projet (préparation, construction et exploitation) a été confiée à SIGNALIS, spécialiste des systèmes de surveillance maritime et maître d'œuvre du système national de surveillance SPATIONAV.

Cette étude est basée sur un recensement exhaustif des moyens de surveillance mis en œuvre par des autorités maritimes (État, autorités portuaires, autres acteurs), et par une analyse approfondie de la couverture associée; sont pris en compte les moyens de surveillance coopératifs (AIS...) et non coopératifs (radars, systèmes optiques...), qu'ils soient terrestres, maritimes ou aériens. L'analyse prend aussi en compte les systèmes et réseaux de surveillance (notamment SPATIONAV) et les moyens de communication associés à la surveillance (notamment les télécommunications entre les centres de surveillance, sémaphores ou CROSS, et les navires et aéronefs).

À partir de l'avant-projet sommaire (APS), qui définit les différentes composantes fonctionnelles du parc et esquisse les modalités de leur fonctionnement opérationnel, les impacts potentiels de la présence et du fonctionnement du parc sur ces moyens ont été étudiés (impact sur la portée, la couverture et la capacité de détection des radars terrestres ou embarqués, impacts sur les moyens optiques de surveillance, impact sur les autres moyens radioélectriques tels que l'AIS, impact sur les radiocommunications...). Les principaux impacts concernent les radars terrestres fixes; des mesures ont été proposées pour réduire ces impacts et à défaut les compenser. Ces mesures incluent des propositions de réglage des systèmes existants, et l'ajout de capteurs et de moyens supplémentaires (radar, moyens optroniques, moyens radioélectriques).

Le volet maritime du système de surveillance du parc éolien (relevant de l'exploitant du parc éolien et mis en œuvre par lui) a été étudié en vue de couvrir les besoins spécifiques à la surveillance maritime du parc : surveillance des moyens maritimes et aériens concourant à la construction ou à l'exploitation du parc éolien, surveillance des activités maritimes conduites dans le parc et à ses abords et susceptibles d'interférer avec le fonctionnement du parc

éolien (infrastructures, moyens de maintenance). Cette étude a permis de définir les *moyens* adaptés à cette surveillance (radars, moyens de vidéosurveillance, AIS...) et les *modalités de leur mise en œuvre* (incluant la conception préliminaire du centre de surveillance et la mise à disposition des autorités compétentes des informations de surveillance recueillies.

Enfin, la qualité globale de la surveillance maritime assurée par l'ensemble de ces moyens a été évaluée et comparée à la qualité de la surveillance actuelle avec les systèmes existants.

Au bilan, les moyens proposés et leur interfaçage proposé avec les moyens mis en œuvre par l'État (système SPATIONAV) permettront de réduire très notablement les impacts potentiels spécifiques du parc éolien, et même au-delà d'améliorer sensiblement la qualité de la surveillance maritime dans la zone du parc éolien et à ses abords :

- amélioration de la couverture initiale par les moyens classiques (radars, AIS)
- apport d'informations supplémentaires (informations vidéo jour et nuit en direct depuis le parc)
- amélioration des télécommunications dans la zone et à ses abords (portée, diversité)

# 2 Table des matières

P	réa	amb	ule2	
1		Rés	sumé exécutif1	
2		Tab	le des matières3	
3		Glo	ssaire4	
4		Intr	oduction 5	
	4.	1	Rappel des objectifs de la surveillance maritime	5
	4.2	2	Surveillance des parcs éoliens offshore	6
	4.3	3	Approche proposée	6
5		Sur	veillance maritime: 8	
	5. Na	1 azaiı	Inventaire des moyens existants dans le secteur du projet de parc éolien de Saint- re	
	5.2	2	Présentation du système de surveillance maritime SPATIONAV	. 20
6		Éva	lluation des impacts du projet de parc éolien sur les moyens existants 25	
	6.	1	Le projet de parc éolien	. 25
	6.2	2	Évaluation des impacts sur les radars de surveillance du trafic maritime à terre	. 26
7		Éva	luation des impacts sur les radars de navigation embarqués44	
	7.	1	Évaluation des impacts sur les moyens de surveillance optiques	. 46
8		Mes	sures proposées pour la réduction et la compensation des impacts 52	
	8.	1	Liste des mesures de réduction et de compensation proposées	. 52
	8.2 SF		Estimation des impacts après réduction - Plan de raccordement au système	
	8.3	3	Description technique des moyens proposés	. 64
9		Моу	yens de surveillance spécifiques du parc éolien de Saint-Nazaire 68	
	9.	1	Objectif de la surveillance maritime du parc éolien	. 68
	9.2	2	Architecture du système de surveillance	. 69
	9.3	3	Moyen de suivi du personnel (People tracking)	. 70
	9.4	4	Moyens radars	. 76
	9.	5	Moyens optroniques	. 77
	9.0	6	Moyens radioélectriques	. 82
	9.	7	Centre de contrôle du parc et surveillance du parc éolien	. 87
1	0	Inte	erface avec le système SPATIONAV 89	
1	1	Esti	imation du coût des moyens de surveillance spécifiques du parc éolien 93	
1	2	Bila	n et conclusions96	
1	3	Dod	cuments de référence97	
1	4	List	e des figures et des tableaux	

15	ANNEXES	102	2
----	---------	-----	---

16 112

# 3 Glossaire

AEM	Action de l'État en Mer
AIS	Automatic Identification System
AISM	Association Internationale de Signalisation Maritime (IALA en Anglais)
AtoN	Aid to Navigation
CICAD-Mer	Centre d'Information, de Coordination et d'Aide à la Décision
CoFGC	Centre Opérationnel de la Fonction Garde-Côtes
COM	Centre Opérationnel de la Marine
CROSS	Centre Régional Opérationnel de Surveillance et de Sauvetage
DSC	Distress Selective Call
FOSIT	Formation Opérationnelle de Surveillance et d'Information du Territoire
GPMNSN	Grand Port Maritime de Nantes-Saint-Nazaire
HAT	Highest Astronomical Tide (Plus Haute Mer Astronomique)
IALA	International Association of Lighthouse Authorities
IMO	International Maritime Organisation
ISM	International Safety Management Code
LRIT	Long Range Identification and Tracking
MCA	Maritime and Coastguard Agency (Garde- Côte Britannique)
MMSI	Maritime Mobile Service Identity
MOB	Man Over Board
NM	Mille marin - Nautical Mile (1 852m)
OPT	Offshore Personnel Tracking – Suivi du personnel embarqué
PLA	Port of London Authority
PTZ	Pan Tilt Zoom
RACON	RAdar beaCON (type de transpondeur radar)
RCS	Radar Cross Section (SER en Français)
RLM	Réseaux Locaux Marine
SAM	Situation des Approches Maritimes
SUPREM	Situation Unique et Partagée de Représentation des Évènements de Mer
SAR	Search And Rescue (Recherche et sauvetage)
SER	Surface Équivalente Radar (RCS en Anglais)
SOLAS	Safety Of Life At Sea
SPATIONAV	Système de surveillance maritime Français
STM	Service de Trafic Maritime
SSM	Surveillance et Sécurité Maritime
TRAFIC 2000	Base de données – navires commerciaux
VHF	Very High Frequency
VoIP	Voice over IP
VTS	Vessel Traffic Services

# 4 Introduction

# 4.1 Rappel des objectifs de la surveillance maritime

La surveillance maritime vise à recueillir de manière opérationnelle des informations sur les activités qui s'exercent en mer, qu'elles soient autorisées ou non. Les objectifs d'une telle surveillance sont multiples, et couvrent en particulier :

- Le contrôle des accès aux eaux sous souveraineté ou sous juridiction,
- La sécurité maritime, associée aux risques maritimes : risques pour les personnes et les biens, risques pour les activités économiques maritimes ou associées à la mer (activités littorales...), risques pour l'environnement (qualité de l'eau, biodiversité...),
- La police des activités maritimes (activités autorisées : pêche, navigation, extractions..., activités non autorisées ou illégales : lutte contre les trafics illicites...)
- La défense et la sûreté.

La surveillance maritime joue un rôle essentiel en matière de **sécurité maritime**. Elle concourt notamment à la prévention des risques pour les personnes, les biens et l'environnement (associés par exemple à des collisions, échouements, pollutions volontaires ou accidentelles...), et à la préparation et la conduite des opérations d'intervention, de recherche et de sauvetage (SAR).

La surveillance s'appuie essentiellement sur les moyens mis en œuvre par l'État, à travers divers services (marine nationale, affaires maritimes, douanes...) coordonnés opérationnellement par les préfets maritimes, comprenant notamment :

- Stations de surveillance terrestres (Centres régionaux opérationnels de surveillance et de sauvetage, CROSS; sémaphores),
- Moyens maritimes, aériens et spatiaux de surveillance
- Réseaux et systèmes de communication.

D'autres moyens mis en œuvre par les autorités portuaires ou les opérateurs d'installations côtières ou maritimes peuvent aussi contribuer à la surveillance maritime (VTS portuaires, systèmes de surveillance d'installations sensibles, etc.).

Les moyens techniques mobilisés comprennent des systèmes coopératifs (AIS, LRIT...) et des systèmes non coopératifs (systèmes radars, optiques...), qui peuvent être interconnectés par des réseaux. Ces systèmes contribuent à la détection, à la classification au regard de la sécurité maritime (taille, type, dangerosité, etc.) et au suivi des mobiles dans les zones maritimes concernées.

# 4.2 Surveillance des parcs éoliens offshore

Qu'ils soient ou non maritimes, les parcs éoliens font l'objet d'une surveillance permanente assurée par les opérateurs des parcs. L'objectif premier de cette surveillance est de garantir le bon fonctionnement du parc éolien et la continuité de la production d'énergie.

Les parcs éoliens maritimes, situés sur un espace public (mer territoriale ou zones maritimes sous juridiction nationale), restent généralement ouverts à un certain nombre d'activités autorisées. Ils sont par ailleurs impossibles à clôturer, et on ne peut exclure que des activités maritimes non autorisées ou non souhaitées s'exercent dans leur périmètre, soit de manière volontaire (non-respect de la réglementation, malveillance...) soit de manière involontaire (inattention, faute, panne...) : ceci entraîne des risques particuliers au regard de la sécurité maritime (sécurité du personnel et des installations du parc, d'autres acteurs et d'autres biens, environnement).

Le volet maritime de la surveillance dans un parc éolien offshore a donc pour objectifs :

- d'une part, la surveillance des activités maritimes associées à la construction ou à l'exploitation et à terme au démantèlement du parc éolien (conduites sous la responsabilité principale de l'exploitant du parc éolien),
- d'autre part, la surveillance des autres activités maritimes dans le parc et aux abords du parc qui pourraient entraîner des risques et engager la responsabilité de l'exploitant du parc éolien.

Ce volet « surveillance maritime » spécifique concerne notamment :

- les navires, engins sous-marins et aéronefs participants directement et indirectement à la construction ou à l'exploitation du parc éolien (turbines, câbles, stations de transformation, balisage...)
- les navires, engins sous-marins et aéronefs ou objets flottants susceptibles d'interférer avec les installations et les moyens du parc éolien (collisions, explosions, croches...)
- les personnes susceptibles de se trouver dans le parc éolien, qu'elles soient autorisées (personnel du parc, usagers autorisés) ou non (intrusion, entrée involontaire).

# 4.3 Approche proposée

Pour préserver et si possible améliorer les capacités de surveillance dans la zone du parc éolien et à ses abords, l'approche adoptée dans cette étude se décline en trois volets :

- Analyse des impacts du parc éolien (aux divers stades de son développement : construction, exploitation et démantèlement) sur les moyens de surveillance existants opérés par l'État ou par d'autres acteurs, et étude des mesures permettant de réduire ces impacts;
- Définition des <u>moyens spécifiques pour la surveillance opérationnelle du parc éolien</u>, aux différents stades de la vie du parc ;
- Analyse de la <u>couverture combinée</u> par tous ces moyens (couverture, qualité), et étude des mesures susceptibles pour un coût acceptable de <u>compenser</u> d'éventuels

impacts résiduels et <u>d'améliorer globalement la qualité de la surveillance</u>, au bénéfice de tous les usagers maritimes de la zone.

Au-delà des moyens techniques concourant à la surveillance maritime, l'étude prend en compte leur interfaçage avec le système SPATIONAV qui les interconnecte et en assure la complémentarité.

Cette étude ne couvre pas les questions liées au balisage (optique ou radioélectrique) ou à la navigation (optique ou radioélectrique), qui feront l'objet d'études spécifiques.

Les propositions formulées dans cette étude préliminaire seront précisées lorsque seront achevées les études techniques destinées à définir précisément l'architecture du parc éolien et les modalités de construction et d'opération.

# 5 Surveillance maritime:

# 5.1 Inventaire des moyens existants dans le secteur du projet de parc éolien de Saint-Nazaire

L'implantation d'un parc éolien en mer au large des côtes ajoute une nouvelle activité humaine à la liste des activités maritimes existantes (pêche, navigation commerciale ou de loisir, exploitation de ressources minérales, etc.). La coexistence de l'ensemble de ces activités a des conséquences en matière de sécurité maritime.

Ce chapitre a pour objet de répertorier les moyens existants de surveillance maritime (moyens terrestres, nautiques, aériens et satellitaires) ainsi que les moyens d'intervention opérant actuellement dans l'espace maritime concerné par l'implantation du parc éolien au large de Saint-Nazaire. L'objectif de ce chapitre est d'en faire l'inventaire et d'évaluer leur couverture.

Les modalités opérationnelles de leur mise en œuvre sont prises en compte dans cette étude, notamment leur interconnexion au système de surveillance maritime SPATIONAV qui permet de coordonner l'ensemble de ces moyens de surveillance.

Les informations mentionnées dans ce chapitre se basent notamment sur le document de référence [R9] « Étude d'impact et mesures compensatoires sur la sécurité et la sureté maritime relatif au développement du projet de parc éolien au large de Saint-Nazaire », qui a servi de base aux propositions préliminaires figurant dans la réponse à l'appel d'offres. Elles s'appuient aussi sur les études réalisées à l'étranger et sur le retour d'expérience des parcs éoliens déjà opérationnels.

#### 5.1.1 Moyens terrestres

Dans le secteur de Saint-Nazaire, les moyens de surveillance maritime à terre comprennent des radars, des moyens optiques (jumelles classiques et jumelles thermiques), des moyens AIS et des moyens de communication (VHF).

# 5.1.1.1 Radar de surveillance du trafic maritime

Le tableau ci-dessous présente les radars fixes existant dans le secteur de Saint-Nazaire :

Radars	Opérateurs	Connexion à	Position	(WGS84)	Hauteur	Bande de	Puissance	Distance	du parc
		SPATIONAV	Latitude	Longitude	de l'antenne	Fréquence	de l'émetteur	éol	ien
Sémaphore de Saint-Julien	Marine Nationale	Oui	47° 29' 42,32" N	3° 7' 37,24" O	44,7 m	Bande X	25 KW	47 km	25,3 NM
Sémaphore du Talut	Marine Nationale	Oui	47° 17' 41,23" N	3° 13′ 6,98″ O	52,4 m	Bande X	25 KW	41,8 km	22,5 NM
Sémaphore de Piriac	Marine Nationale	Oui	47° 22' 27,09" N	2° 33' 28,50" O	27 m	Bande X	25 KW	20,8 km	11,2 NM
Sémaphore de Chemoulin	Marine Nationale	Oui	47° 14' 2,18" N	2° 17' 55,95" O	29,7 m	Bande X	25 KW	18,1 km	9,7 NM
Sémaphore de Saint Sauveur	Marine Nationale	Oui	46° 41' 39,00" N	2° 19' 47,91" O	56,7 m	Bande X	25 KW	50,6 km	27,3 NM
Radar du Mindin	GPMNSN	Non	47° 16' 6,45" N	2° 9′ 58,58″ O	39,7 m	Bande X	25 KW	28,6 km	15,4 NM
Radar de l'Herbaudière	GPMNSN	Oui via le Sémaphore de Chemoulin	47° 1' 25,93" N	2° 18' 11,90" O	45 m	Bande X	25 KW	20,8 km	11,2 NM
Radar de Lavau	GPMNSN	Non	47° 18' 35,13" N	1° 59' 12,28" O	68 m	Bande X	25 KW	42,9 km	23,1 NM

Tableau 1 : Liste des radars fixes de surveillance maritime dans le secteur de Saint-Nazaire

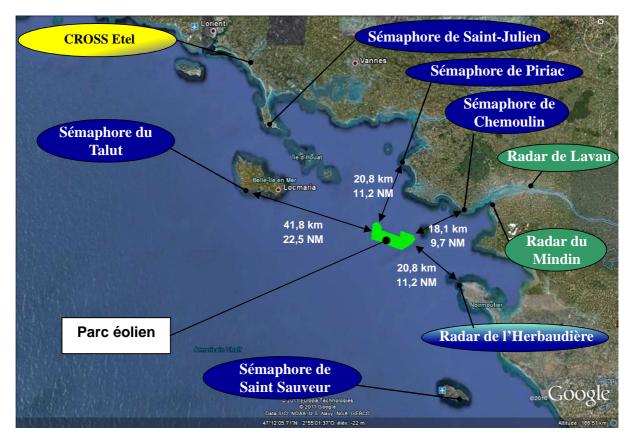


Figure 1 : Position des radars fixes de surveillance maritime au voisinage du futur parc éolien de Saint-Nazaire

Les couvertures radar associées sont représentées dans les figures suivantes :

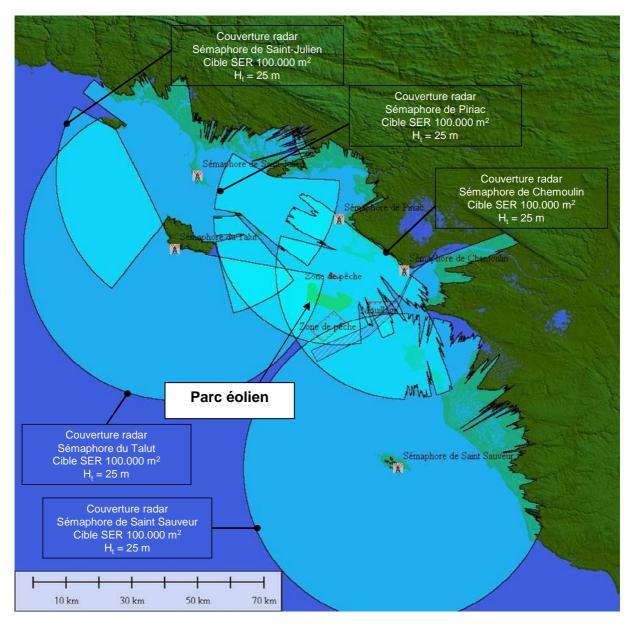


Figure 2 : Couverture radar actuelle des sémaphores dans le secteur de Saint-Nazaire

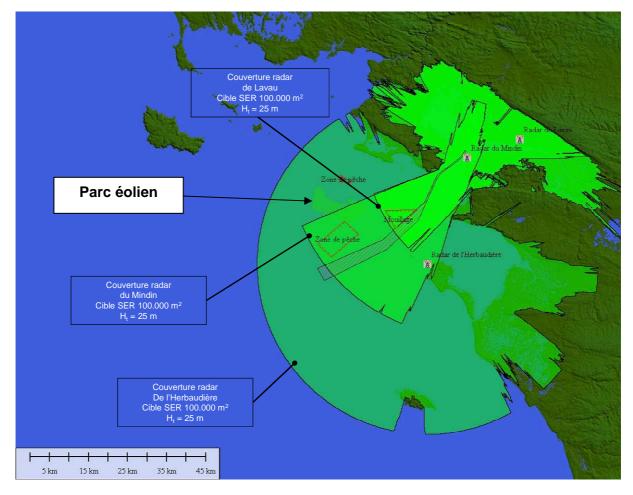


Figure 3 : Couverture actuelle des radars du GPMNSN

Figure 2 et Figure 3, les radars des sémaphores et le radar de l'Herbaudière sont aujourd'hui connectés au système SPATIONAV.

# 5.1.1.2 Moyens de surveillance optique du trafic maritime

La surveillance optique du trafic maritime est utilisée uniquement pour l'identification des navires. Ce type de surveillance est assuré uniquement par les sémaphores, qui mettent en œuvre aujourd'hui deux types d'équipement :

- 1- Jumelles classiques, utilisées pour la vision de jour,
- 2- Jumelles thermiques pour assurer la vision de nuit.

Ces 2 types de jumelles ne sont pas aujourd'hui interfacés avec le système SPATIONAV. Elles sont utilisées de façon ponctuelle par les opérateurs des sémaphores.

Sémaphores	Opérateurs	Jumelles		Hauteur de la	
		Jours	Thermiques	vigie	
Coint Julian	Marine	Oui		42 m	
Saint-Julien	Nationale	Oui	Non	43 m	
Tolut	Marine	Oui	Nan	F1 m	
Talut	Nationale	Oui	Non	51 m	
Divisor	Marine	Oui	Non	25	
Piriac	Nationale			25 m	
Chamardia	Marine	Ovi	Ovi	20	
Chemoulin	Nationale	Oui	Oui	28 m	
Coint Counceur	Marine	Oui	Non	EE	
Saint Sauveur	Nationale	Oui	Non	55 m	

Tableau 2 : Liste des moyens terrestres de surveillance optique du trafic maritime dans le secteur de Saint-Nazaire

# 5.1.1.3 Stations de base AIS

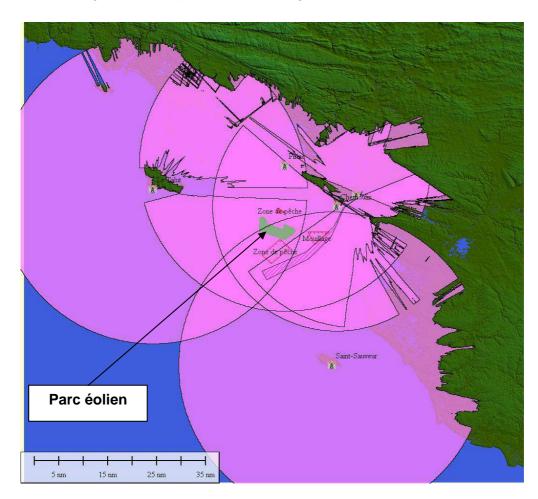
L'AIS (Automatic Identification System) est un dispositif d'identification coopératif des navires. Chaque navire muni d'un transpondeur AIS émet des messages d'identité et de position de façon automatique vers d'autres navires voisins ou bien aux systèmes de surveillance de trafic (CROSS, sémaphores, VTS, etc.). Ces échanges d'information se font par radio VHF sur les canaux 87b et 88b.

La convention SOLAS (Safety Of Life At Sea) impose que les navires de plus de 300 tonneaux soient équipés d'un dispositif AIS.

Les centres de surveillance du trafic maritime à terre équipés de récepteurs AIS sont les suivants :

Sites	Opérateurs	Station de base AIS	Connexion à	Hauteur de
			SPATIONAV	l'antenne VHF
Saint-Julien	Marine Nationale	Non	N/A	N/A
Talut	Marine Nationale	Saab R40	Oui	64,5 m
Piriac	Marine Nationale	Saab R40	Oui	54 m
Chemoulin	Marine Nationale	Saab R40	Oui	28 m
Saint Sauveur	Marine Nationale	Saab R40	Oui	66 m
Capitainerie du GPMNSN	GPMNSN	Saab R40	Non	15 m

Tableau 3 : Liste des stations de base AIS à terre dans le secteur de Saint-Nazaire



La couverture AIS globale est représentée sur la figure suivante :

Figure 4 : Couverture AIS globale actuelle dans le secteur de Saint-Nazaire

Certains transpondeurs AIS embarqués sur les navires possèdent la fonction de répéteur AIS. Si cette fonction est activée, le transpondeur AIS peut transmettre à une station de base AIS à terre l'ensemble des pistes présentes dans sa zone de couverture et ainsi étendre la couverture AIS de la station de base à terre.

# Futures exigences pour les systèmes AIS

Comme l'exige la directive 2009/17/EF de l'Union Européenne (UE) tous les navires de pêche de l'UE supérieurs à 15 m sont obligés de s'équiper d'un système AIS de classe A d'ici 2014. Le but de cette directive est d'améliorer les systèmes de navigation et les dispositifs anticollision à bord des petits bateaux de pêche.

Le calendrier pour l'application des exigences de la directive est le suivant :

- Navires de pêche de longueur égale ou supérieure à 24 m : 31 mai 2012;
- Navires de pêche de longueur de 18 à 24 m : 31 mai 2013;
- Navires de pêche de longueur de >15 à 18 m : 31 mai 2014;
- Les nouveaux navires de pêche >15 m : dès livraison.

# 5.1.1.4 Moyens de communication fixes et surveillance radiogoniométrique

Les moyens de communication en rapport avec la surveillance maritime aujourd'hui utilisés à terre utilisent la VHF ou la HF.

Le tableau suivant liste l'ensemble des moyens de communication maritime utilisés dans le secteur de Saint-Nazaire :

Sites	Sémaphore de Saint-Julien	Sémaphore du Talut	Sémaphore de Piriac
HF	Aucun	TRBM 16; Freq : 2-30 MHz ; 100W	Aucun
VHF	VHF 1: VHF ASN Sailor RT 4822 DSC; Freq:	VHF 1: VHF ASN Sailor RT 4822 DSC; Freq:	VHF 1: VHF ASN Sailor RT 4822 DSC; Freq:
	Freq: 110-144 MHz - 156-160 MHz ; 25W	Freq: 110-144 MHz - 156-160 MHz ; 25W	Freq: 110-144 MHz – 156-160 MHz ; 25W
	VHF 2: VHF SAILOR type RT 144c;	VHF 2: VHF SAILOR type RT 144c;	VHF 2: VHF SAILOR type RT 144c;
	Freq: 110-144 MHz – 156-160 MHz ; 25W	Freq: 110-144 MHz – 156-160 MHz ; 25W	Freq: 110-144 MHz – 156-160 MHz ; 25W
	VHF Portable: ICOM-BC 166;	VHF Portable: TRFPSA;	VHF Portable: IC-M71;
	Freq: 156-163 MHz ; 6W		Freq: 156-163 MHz ; 6W
		VHF4: Sécurité Civile	
	Ecoute sur le ch 16 (SAR)	Freq: 83 to 88 MHz; 20W	Ecoute sur le ch 16 (SAR)
	Ecoute sur le ch 70 (DSC)		Ecoute sur le ch 70 (DSC)
	Ecoute sur le ch 12 (commercial traffic)	Ecoute sur le ch 16 (SAR)	Ecoute sur le ch 12 (commercial traffic)
	Canal de travail: ch 10	Ecoute sur le ch 70 (DSC)	Canal de travail: ch 10
	Pour communiquer avec le CROSS: ch 67 & 68	Ecoute sur le ch 12 (commercial traffic)	Pour communiquer avec le CROSS: ch 67 & 68
		Canal de travail: ch 10	
		Pour communiquer avec le CROSS: ch 67 & 68	
Radio	TAIYO Rx seulement:	TAIYO Rx seulement:	TAIYO Rx seulement:
Gonio	Écoute VHF	Écoute VHF	Écoute VHF
Lien	1- Vers Lann Bihoué Chatlant	1- Vers Beg ar Men	1- Vers Saint-Julien
FH			
GSM	Antenne relais	Antenne relais	Antenne relais

Sites	Sémaphore de Chemoulin	Sémaphore de Saint Sauveur	GPMNSN
HF	TRBM 16; Freq : 2-30 MHz ; 100W	Aucun	Aucun
VHF	VHF 1: VHF ASN Sailor RT 4822 DSC; Freq: Freq: 110-144 MHz – 156-160 MHz; 25W  VHF 2: VHF SAILOR type RT 144c; Freq: 110-144 MHz – 156-160 MHz; 25W  VHF Portable: ICOM-BC 166; Freq: 156-163 MHz; 6W  Ecoute sur le ch 16 (SAR) Ecoute sur le ch 70 (DSC) Ecoute sur le ch 12 (commercial traffic) Canal de travail: ch 10	VHF 1: VHF ASN Sailor RT 4822 DSC; Freq: Freq: 110-144 MHz – 156-160 MHz; 25W  VHF 2: VHF SAILOR type RT 144c; Freq: 110-144 MHz – 156-160 MHz; 25W  Ecoute sur le ch 16 (SAR) Ecoute sur le ch 70 (DSC) Ecoute sur le ch 12 (commercial traffic) Canal de travail: ch 10 Pour communiquer avec le CROSS: ch 67 & 68	Ecoute sur le ch 16 (SAR) Ecoute sur le ch 70 (DSC) Pour communiquer avec le CROSS: ch 67 & 68  Canal de travail: canal 14
	Pour communiquer avec le CROSS: ch 67 & 68		
Radio Gonio	TAIYO Rx seulement: Écoute VHF	TAIYO Rx seulement: Écoute VHF	
Lien FH	1- Vers Piriac	1- Vers St Jean de Monts	
GSM	Antenne relais	Antenne relais	

Tableau 4 - Moyens de communication maritime dans le secteur de Saint-Nazaire

# 5.1.2 Moyens aériens

Le tableau suivant liste les moyens aéronautiques disponibles pour l'assistance et le sauvetage en mer dans le secteur de Saint-Nazaire :

Administrations/Associations	Sites	Moyens Disponibles	Nb
		Dauphin Service Public (SP)	1
	Lanvéoc-Poulmic	Hélicoptère LYNX	1
Marine Nationale		Hélicoptère SUPER FRELON	1
(Ministère de la Défense)	Lann Bihoué	FALCON 50M	4
,	Lailii Biiloue	Avions PATMAR Atlantic	2
	La Rochelle	Dauphin Service Public (SP)	1
Douanes	Lann Bihoué	Avion bimoteur	5
2 0 0.0	Lailli Billoue	Avion POLMAR	1
(Ministère des Finances)	Le Havre	Hélicoptère	3
Gendarmerie (Ministère de la défense)	Rennes	Hélicoptère	1
Sécurité Civile	Lorient	Hélicoptère EC 145	1
Securite Civile	La Rochelle	Hélicoptère EC 145	1

Tableau 5 : Liste des moyens aériens dans le secteur de Saint-Nazaire

Les Falcon 50M de la Marine Nationale sont équipés d'un récepteur AIS embarqué qui permet d'étendre la couverture AIS de façon dynamique en fonction des divers besoins opérationnels. Les données AIS recueillies par le Falcon 50M sont ensuite intégrées et synchronisées avec le système central SPATIONAV.

# 5.1.3 Moyens nautiques

Le tableau suivant liste les moyens nautiques disponibles pour l'assistance et le sauvetage en mer dans le secteur de Saint-Nazaire :

Administrations/Associations	Sites	Moyens Disponibles	Nb	
		Patrouilleur de service public (PSP)	2	
Marine Nationale	l Brest	Remorqueur d'Intervention pour Assistance et Sauvetage (RIAS)	1	
(Ministère de la Défense)		Remorqueur de haute mer (RHM)	3	
	La Rochelle	Remorqueur d'Intervention pour Assistance et Sauvetage (RIAS)	1	
Dougnes	Lorient	Vedette de garde côtes (VGC)	1	
Douanes (Ministère des Finances)	La Trinité	Vedette surveillance rapprochée	1	
(Ministere des l'inances)	Saint-Nazaire	Vedette surveillance rapprochée	1	
	Lorient	Patrouilleur « Iris »	1	
Affaires Maritimes	Auray	Vedette côtière	1	
	Saint-Nazaire	Vedette côtière	1	
Condormorio Nationalo	Lorient	Vedette côtière (VSCM)	1	
Gendarmerie Nationale	Pornic	Vedette côtière (VSCM)	1	
(Ministère de la défense)	Saint-Nazaire	Vedette côtière (VSCM)	1	
SNSM	Pornichet	Vedette 2ème classe SNS 203 « Côte d'Amour »	1	

Administrations/Associations Sites Moyens Disponibles Nb Canot pneumatique SNS 628 "Ar (Société Nationale de Sauvetage Poulgwenn" en Mer) Canot tous temps SNS "Georges Clémenceau II" L'Herbaudière Vedette 2ème classe SNS 453 "Patron Pierre Boucheron" Canot semi-rigide 1 Canot tous temps SNS 095 "Pierre-Le Croisic Robert Graham" Canot pneumatique 3 Vedette 2ème classe SNS 285 La Turballe « Côte du Pays Blanc » Canot pneumatique SNS SR 608 1 Vedette 2ème classe SNS 200 "Pays de Retz" **Pornic** Canot pneumatique 2

Tableau 6 : Liste des moyens nautiques dans le secteur de Saint-Nazaire

# 5.1.4 Moyens satellitaires

À ce jour, le système SPATIONAV ne reçoit pas de données satellitaires. Toutefois dans la mise à jour du système SPATIONAV (programme SPATIONAV v2), il est prévu l'intégration de données AIS satellite (LRIT) et d'imagerie satellite. Ces extensions futures au système SPATIONAV sont prévues en 2014.

# 5.2 Présentation du système de surveillance maritime SPATIONAV

Le système SPATIONAV constitue pour les administrations et les services de l'État le système de surveillance de l'espace maritime où s'exerce l'action de l'État en mer. C'est l'instrument principal du ministère de la défense pour la sauvegarde maritime, et l'outil de partage et d'agrégation de l'information maritime pour la fonction garde-côte française.

Le système est déployé sur les façades Manche – Atlantique et Méditerranée, ainsi que sur la zone Antilles-Guyane et à Mayotte pour la surveillance des approches maritimes nationales où il met en œuvre des capteurs radars, AIS (à terre et aéroportés) goniométriques et optroniques. Pour améliorer la connaissance du trafic maritime et le préavis en cas de besoin d'intervention, SPATIONAV traite les informations maritimes provenant de zones d'intérêt plus lointaines par des échanges sélectifs de données avec des systèmes externes coopératifs, et par l'exploitation de diverses sources d'information (LRIT, satellites).

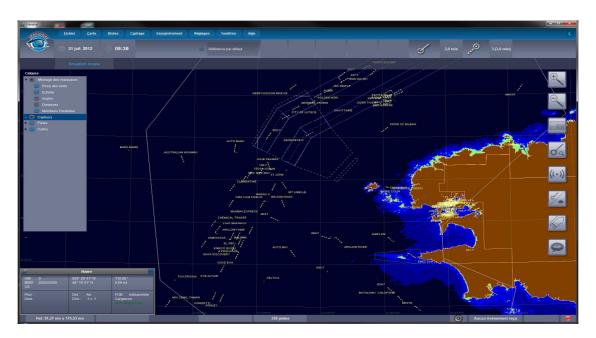


Figure 5 : Capture d'écran de l'interface utilisateur du système SPATIONAV

Le système SPATIONAV est essentiel pour l'exploitation des informations de surveillance. Ceci justifie de l'inclure dans le périmètre de l'étude des impacts et des mesures de réduction et de compensation, qui ne peut se limiter à l'étude des impacts sur les seuls moyens de surveillance.

#### 5.2.1 Enjeux opérationnels

Le système SPATIONAV répond à une première finalité opérationnelle constituée par l'établissement d'une Situation des Approches Maritimes (SAM) en considérant trois échelons :

1. **un échelon local** : SPATIONAV équipe des sites littoraux mettant en œuvre des capteurs.

Chaque site de cet échelon local bénéficie d'une situation locale rafraîchie suivant une période égale à celle de rotation de l'antenne des radars qu'il exploite ;

- 2. un échelon régional : cet échelon régional est caractérisé par un système SPATIONAV central relié en réseau aux sites de l'échelon local et à des sites régionaux déportés. Le système central est le serveur qui bâtit et entretient la SAM, à partir des informations de situation locale qu'il reçoit, et qui en assure la diffusion chaque minute vers les systèmes déportés. Il diffuse également des extraits de cette SAM vers les systèmes de l'échelon local, déterminés en fonction de l'intérêt qu'ils peuvent y porter (limitation géographique);
- 3. **un échelon national** qui accède à l'ensemble des informations des différents échelons régionaux et qui dispose de fonctions spécifiques, notamment concernant les échanges avec l'extérieur.

La SAM est enrichie par des informations provenant :

- en permanence de TRAFIC 2000 (base de données de navires de commerce) ;
- périodiquement de pistes militaires, renseignement, zones d'opération ;
- ponctuellement d'aéronefs ou de bâtiments de surveillance maritime ;
- ainsi que par des informations fournies par les opérateurs, saisies manuellement ou semi automatiquement.

Le système SPATIONAV répond à une deuxième finalité opérationnelle : la capacité à agréger au niveau central les informations d'intérêt maritime provenant de zones dépassant ses limites de détection afin d'enrichir la SAM et les SUPREM (Situation Unique et Partagée de Représentation des Événements de Mer). Il satisfait ce besoin par :

- une ouverture du système vers l'extérieur, contrôlée à l'échelon national, dans le but de partager les informations pertinentes avec des autorités concernées, qu'elles soient civiles ou militaires;
- 2. par l'exploitation de diverses sources d'information additionnelles (LRIT, satellites).

La troisième finalité du système consiste en la capacité d'opérer les sous-systèmes de capteurs déployés sur le littoral : sous-système de stations de base AIS, sous-système de détection radar, sous-système de radio et goniométrie VHF.

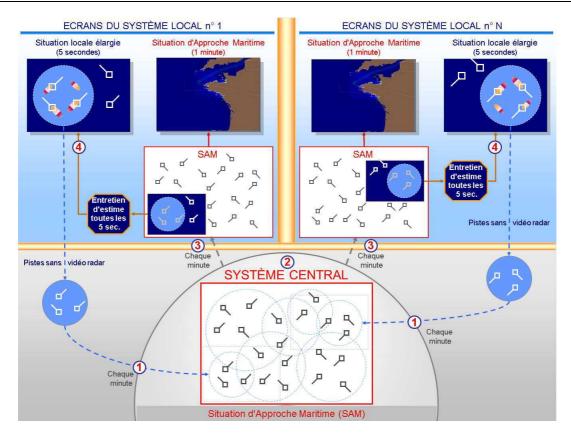


Figure 6 : Principe de gestion de la situation du trafic maritime locale élargie du système SPATIONAV

# 5.2.2 Description des missions de SPATIONAV et de son cadre d'utilisation

Dans le cadre des enjeux opérationnels décrits précédemment, le système SPATIONAV permet la connaissance permanente de la situation d'intérêt maritime et la coordination de l'action de l'État en mer dans les domaines qui sont au cœur de la fonction garde-côtes :

- la défense maritime du territoire ;
- la lutte contre le terrorisme d'origine maritime ;
- la lutte contre l'immigration clandestine par voie maritime ;
- la lutte contre les trafics illicites ;
- la prévention des pollutions et la lutte anti-pollution ;
- le sauvetage en mer ;
- la surveillance de la navigation maritime et la diffusion de l'information nautique ;
- la surveillance des approches des points sensibles (ports, rades, etc.) ;
- l'échange d'informations maritimes avec les partenaires de la France (administrations étrangères et agences européennes concernées, OTAN, accords bilatéraux).



Figure 7: Représentation générale du système SPATIONAV

# 5.2.3 L'architecture du système SPATIONAV

SPATIONAV est basé sur une architecture régionale. Trois systèmes indépendants coexistent :

- SPATIONAV Manche / Atlantique,
- SPATIONAV Méditerranée,
- SPATIONAV Antilles-Guyane.

Chaque système régional est composé de systèmes locaux reliés à un système central par l'intermédiaire d'un réseau étendu. Les systèmes centraux des trois systèmes régionaux sont en service dans les préfectures maritimes de Brest et de Toulon et au COM Fort de France.

Les systèmes locaux sont déployés dans les sites littoraux qui mettent en œuvre des senseurs (radars, radiogoniomètres) : les sémaphores et vigies de la Marine Nationale et les CROSS.

Pour chacun de ces systèmes littoraux, SPATIONAV bâtit et présente une situation locale quasi temps réel issue de l'exploitation des senseurs et envoie ces informations au système central.

Le système central reçoit les différentes situations locales ainsi que les informations issues des stations de base AIS déployées sur l'ensemble du littoral métropolitain par l'opération SPATIONAV au profit à la fois de la Marine Nationale et des CROSS. Il fusionne l'ensemble de ces informations afin d'élaborer une situation globale sur la façade maritime concernée, la SAM. Il renvoie cette SAM vers l'ensemble des systèmes SPATIONAV équipant les autorités œuvrant dans le cadre de l'action de l'État en mer : les centres opérationnels des douanes, les centres d'opérations maritimes qui n'ont pas le statut de préfecture maritime, les CROSS.

En zone Antilles – Guyane, d'autres autorités comme la Gendarmerie Maritime ou l'État-Major Interarmées sont également équipées. Le CICAD Mer (situé au COM Paris) peut accéder, en tant que de besoin, à l'un des trois systèmes régionaux.

Outre les senseurs des systèmes locaux et le réseau AIS, une autre source d'information est constituée par les échanges automatiques et permanents entre SPATIONAV et TRAFIC 2000 qui est le système de référence pour le suivi du trafic commercial.

Enfin, une capacité SPATIONAV est intégrée au système tactique des avions de surveillance maritime FALCON 50 de la Marine qui complètent le dispositif.

L'architecture d'un tel système réparti s'appuie sur un réseau étendu composé en majeure partie des réseaux militaires (RLM : le réseau d'infrastructure de la Marine) et sur l'emploi de réseaux privés virtuels (VPN). Le réseau métropolitain peut être schématisé comme suit sur la Figure 8.

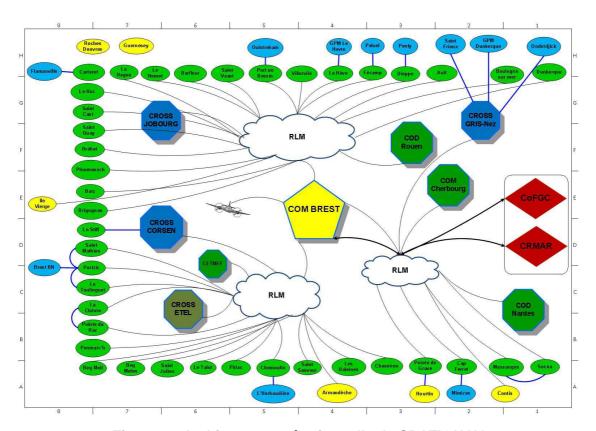


Figure 8 : Architecture opérationnelle de SPATIONAV

# 6 Évaluation des impacts du projet de parc éolien sur les moyens existants

# 6.1 Le projet de parc éolien

L'éolienne « Haliade 150-6MW » d'ALSTOM choisie pour le projet éolien offshore de Saint-Nazaire est constituée de quatre éléments principaux, la fondation, le mât, la nacelle et les pales.

L'étude « Étude d'impact et mesures compensatoires sur la sécurité et la sûreté maritime relative au développement du projet de parc éolien au large de Saint-Nazaire », document de référence [R9], a évalué que la SER d'une telle éolienne (Surface Équivalente Radar) serait au maximum de 90 000 m². Cette valeur de la SER d'une éolienne sert de base de calcul pour la suite de ce chapitre qui décrit les conséquences de la présence d'éoliennes à proximité des moyens existants de surveillance du trafic maritime (radars à terre et embarqués, AIS, optique et les moyens de communications). Ce chapitre est par ailleurs basé pour ce qui concerne les caractéristiques radar des navires sur la recommandation V-128 de l'IALA/AISM (Recommendation V-128 On Operational and Technical Performance Requirements for VTS Equipment) – Voir Tableau 15.

Dans le projet de parc éolien en mer au large de Saint-Nazaire, l'espacement des éoliennes est voisin de 1000m.

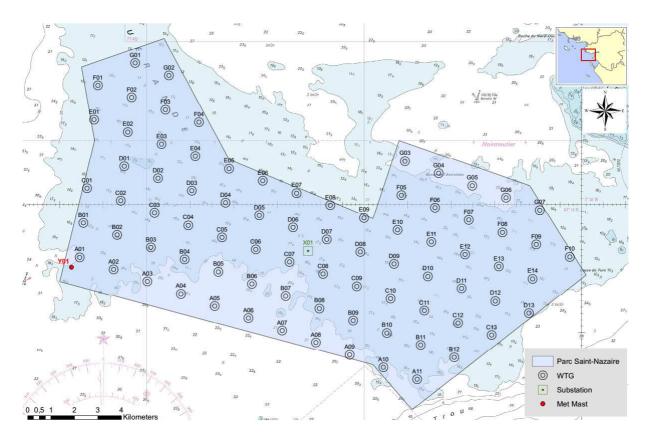


Figure 9 : Vue de l'agencement du projet éolien de Saint-Nazaire

# 6.2 Évaluation des impacts sur les radars de surveillance du trafic maritime à terre

L'étude des portées radar de l'ensemble des radars de surveillance du trafic maritime présents dans le secteur de Saint-Nazaire (voir document de référence [R9]) a permis de mettre en évidence que les radars suivants seraient potentiellement impactés :

- Radar du sémaphore de Piriac,
- Radar du sémaphore de Chemoulin,
- Radar du Mindin (GPMNSN),
- Radar de l'Herbaudière (GPMNSN).

L'analyse des impacts se concentre donc uniquement sur ces 4 radars.

L'étude d'impact a permis de déterminer trois effets principaux sur les radars :

- 1. Effet de « désensibilisation » du signal radar, la forte quantité d'énergie réfléchie par les éoliennes va provoquer au niveau du traitement du signal sur le récepteur radar une limitation de l'amplitude du signal. Cette limitation va générer une distorsion du signal et une réduction de la sensibilité du radar. Cet effet peut être pénalisant pour la détection des petites cibles aux abords des éoliennes.
- 2. **Effet d'ombre**, les futures éoliennes génèrent des zones d'ombres radar qui seront évaluées et dimensionnées ici.
- 3. **Effet de réflexion faux échos radar**, c'est l'effet le plus difficile à prévoir et évaluer. Toutefois il est possible de faire quelques prédictions sur les zones où peuvent apparaître de faux échos.

La rotation des pales des éoliennes impacte fortement les systèmes radar utilisant un traitement du signal de type « Doppler » ; ce traitement peut créer des pistes radar associées à la rotation des pales des éoliennes. Ceci ne concerne pas les radars de surveillance maritime dans le secteur de Saint-Nazaire; on peut donc prévoir que ces radars ne subiront pas de perturbations spécifiques liées à la rotation des pales des éoliennes.

# 6.2.1 Effet de « désensibilisation » du radar

Cet effet est lié aux fortes réflexions des signaux radar engendrées par les éoliennes. Ces réflexions sont susceptibles d'accroitre la quantité d'information sur la vidéo brute qui peut dépasser les seuils de débit d'acquisition et de débit de diffusion, conduisant les systèmes

de filtrage du signal radar à réduire la sensibilité et les seuils de détection du radar ; ceci peut entraîner une détérioration de la détection des petites cibles aux abords de chaque éolienne (moins de 300m).

Cet effet de « désensibilisation » du signal du radar :

- n'impactera pas la détection des gros navires (navires de commerce par exemple),
- pourrait impacter la détection des petits navires (pêche, plaisance). Toutefois, les petits navires ne peuvent être détectés au voisinage du parc éolien par ces 4 radars, compte tenu de leur éloignement.

On peut donc conclure que cet effet de « désensibilisation » du radar aura très peu d'impact sur les radars de Piriac, Chemoulin, du Mindin et de l'Herbaudière.

#### 6.2.2 Effet d'ombre

L'analyse du masquage généré par les éoliennes sur la couverture radar est réalisée en considérant successivement le masquage créé par un mât d'éolienne, puis par une pale et enfin le masquage global.

La présence d'une éolienne créera deux zones de masquage de la couverture radar :

- une zone de masquage constante, de forte atténuation (20 dB et plus) due au mât de l'éolienne, qui s'étendra sur plusieurs kilomètres derrière l'éolienne et sur un angle vu du radar de l'ordre de quelques centièmes de degré de large,
- 2. une zone de masquage à éclipse, due aux pales de l'éolienne, s'étendant sur plusieurs kilomètres derrière l'éolienne. Ce deuxième masquage est beaucoup moins intense (de l'ordre de 0,34 dB) mais plus large angulairement (de l'ordre de quelques dixièmes de degré).

Dans ces deux cas, la distance sur laquelle ces pertes de détection auront lieu est fonction de la distance éolienne/radar et de la valeur de la SER du navire à détecter.

La zone de masquage à éclipse représente une plus faible atténuation. Plus la taille des navires est importante, plus cette atténuation est faible du fait d'un signal radar retour plus fort pour les gros navires.

Dans la suite de cette étude, les simulations d'effet d'ombre seront effectuées en considérant une zone de masquage de forte atténuation (20 dB et plus) car c'est avec ce type de masquage qu'il est potentiellement possible d'observer des pertes de pistes radar.

L'évaluation de la perte de couverture radar sera calculée pour un type de cible donné. La perte de couverture radar représente le rapport entre la couverture radar initiale (pour ce même type de cible) et la zone impactée. Ainsi plus les navires sont gros (couverture radar plus importante) plus la zone impactée sera géométriquement importante.

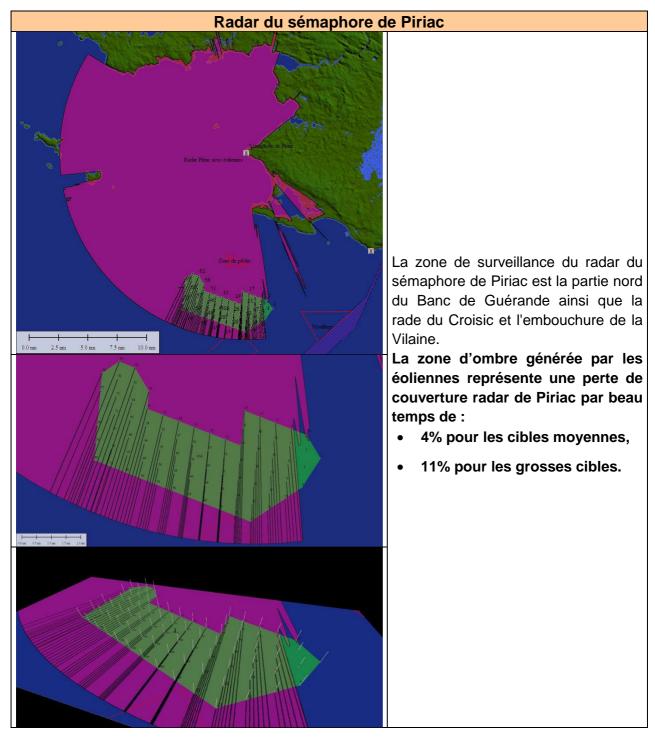


Tableau 7 : Simulation de l'effet d'ombre généré par le parc éolien sur la couverture du radar de Piriac par beau temps

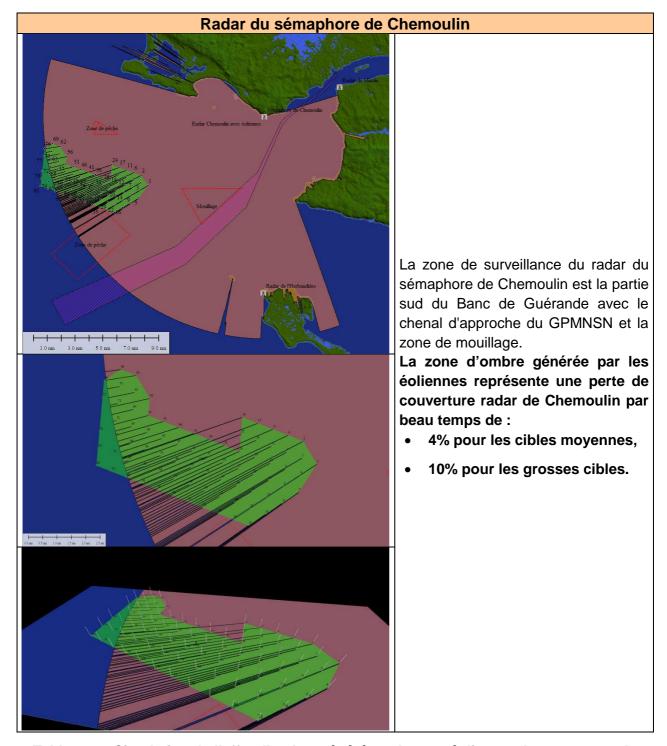


Tableau 8 : Simulation de l'effet d'ombre généré par le parc éolien sur la couverture du radar de Chemoulin par beau temps

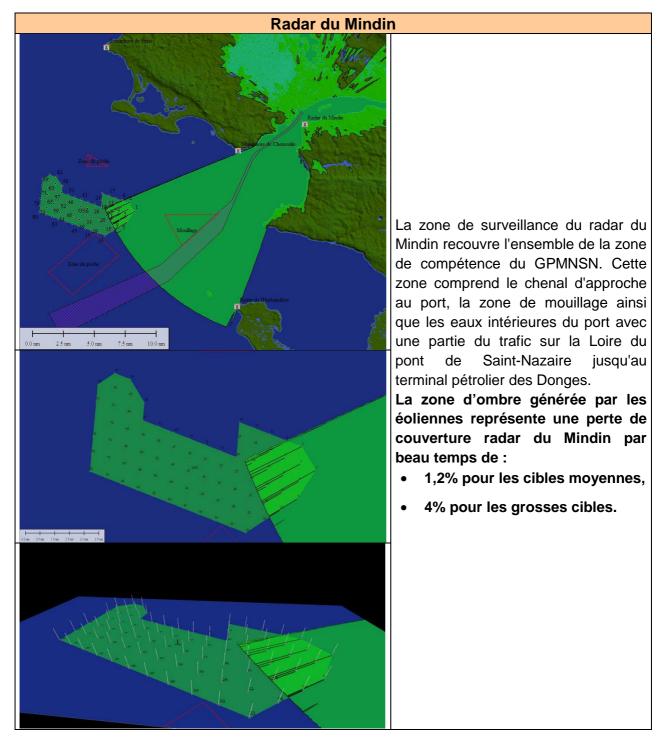


Tableau 9 : Simulation de l'effet d'ombre généré par le parc éolien sur la couverture du radar du Mindin par beau temps

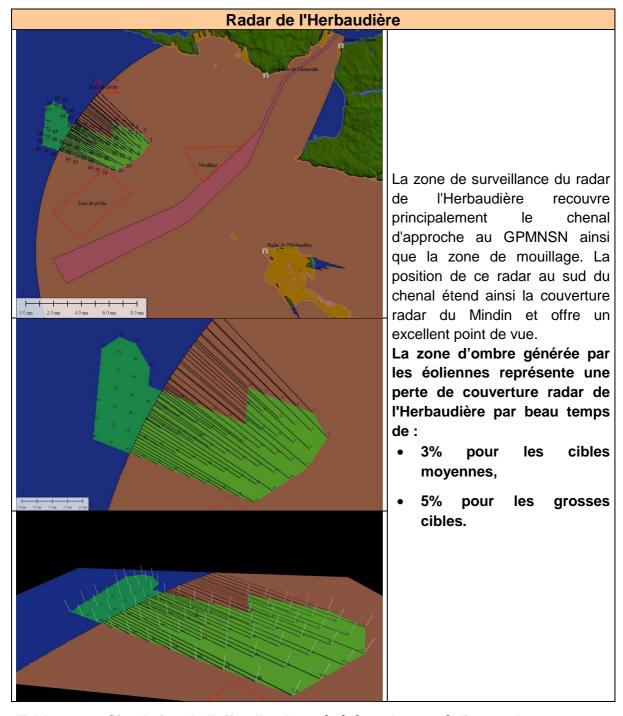


Tableau 10 : Simulation de l'effet d'ombre généré par le parc éolien sur la couverture du radar de l'Herbaudière par beau temps

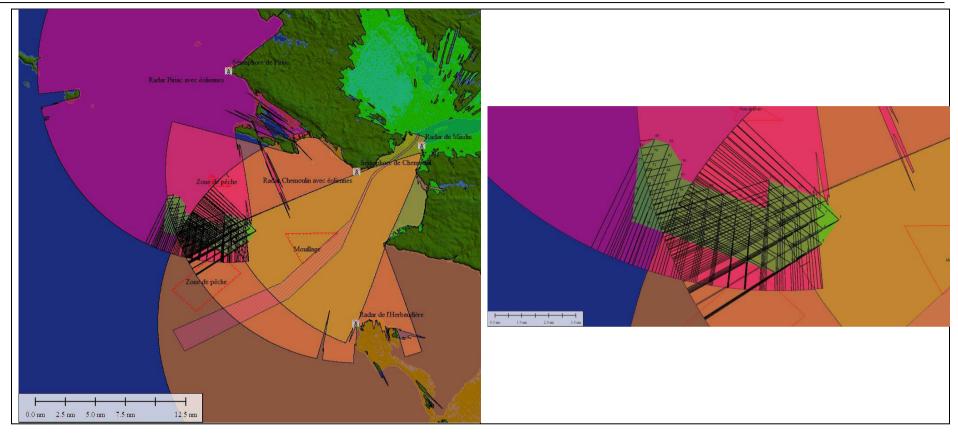


Figure 10 : Simulation de l'effet d'ombre généré par beau temps par le parc éolien sur la couverture de l'ensemble des radars impactés

La Figure 10 montre que pour les gros navires, les zones d'ombres générées sur chaque radar peuvent être en partie compensées par la couverture des autres radars, du fait que les radars des sémaphores et le radar de l'Herbaudière sont connectés au système SPATIONAV. Il est possible de corréler l'information de ces divers radars pour compenser les pertes.

Cependant la Figure 10 montre aussi que certaines zones d'ombre sur la couverture radar de Piriac ne sont pas compensées.

#### Conclusion sur l'effet d'ombre :

L'effet d'ombre généré par le parc éolien sur les radars suivants :

- sémaphore de Piriac,
- sémaphore de Chemoulin,
- Mindin du GPMNSN,
- l'Herbaudière du GPMNSN,

ne sera visible que pour de grosses cibles (au-delà de 10m de hauteur et de 1 000m² de SER). La largeur des zones d'ombre créées par chaque éolienne est très fine; seuls les petits navires seraient masqués par une telle zone d'ombre, mais ils sont hors de portée pour chacun de ces 4 radars. Pour les gros navires (dont la longueur est supérieure à 30m), il n'y aura pas de perte de détection.

# 6.2.3 Effets de réflexion – Faux échos

Les matériaux utilisés pour les mâts des éoliennes (tel que l'acier) sont de bons réflecteurs des ondes électromagnétiques radar : pour cette raison, les éoliennes ont une très forte signature radar. Il est donc possible que les éoliennes génèrent des échos parasites (ou fausses cibles) selon deux phénomènes :

- Par les lobes secondaires de l'antenne du radar ; ces échos parasites apparaissent à quelques degrés à droite et à gauche de l'éolienne et à la même distance que celleci.
- Par multi-trajet; les multi-trajets proviennent du fait que l'énergie radar est réfléchie par le mât ainsi que par des objets se situant autour de l'éolienne. Ces multi-trajets vont générer des fausses cibles de navires lorsque ceux-ci passeront à proximité des éoliennes.

Prévoir avec précision les effets causés par des multi-trajets est très difficile du fait que l'on ne connaît pas encore précisément la géométrie finale de l'ensemble des éléments qui constitueront les éoliennes. Une analyse détaillée de l'état du trafic en Manche et autour du futur parc éolien permettra de comprendre et de définir un type de multi-trajet pouvant potentiellement former de faux échos.

# 6.2.3.1 Génération de faux échos par les lobes secondaires

Une antenne radar à fente comme celle utilisée par les radars impactés (Piriac, Chemoulin, Mindin et l'Herbaudière) possède un diagramme d'émission qui comprend un pic central associé au lobe principal du radar, ainsi que des pics secondaires associés aux lobes secondaires.

Du fait que les éoliennes possèdent une très forte signature radar, des faux échos peuvent apparaître à quelques degrés à droite et à gauche de l'éolienne et à la même distance que celle-ci, selon le phénomène décrit sur la Figure 11.

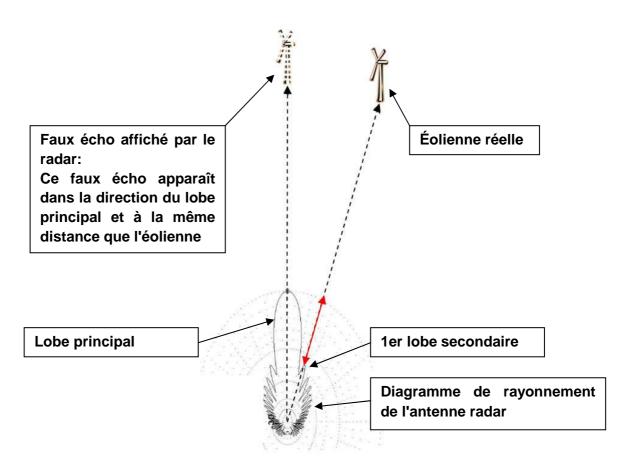


Figure 11 : Création de faux échos par émission/réception au travers des lobes secondaires de l'antenne radar

En extrapolant ce mode de génération de faux échos au travers des lobes secondaires sur un tour complet de l'antenne radar, voici ce que pourrait représenter l'image radar résultante :

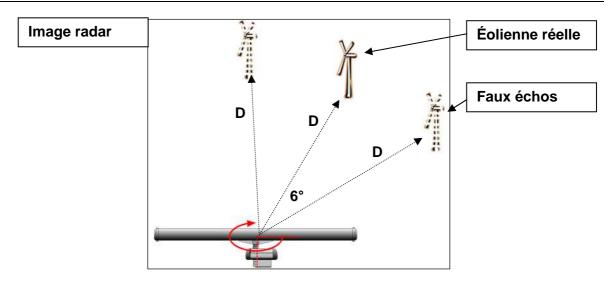


Figure 12 : Image radar avec de faux échos créés par les lobes secondaires de l'antenne radar

Par leur nombre, ces fausses cibles contribueront à brouiller l'analyse de l'opérateur quant à la présence/absence de vraies cibles sur les côtés ou au sein du parc éolien.

Cependant, plus la distance entre les éoliennes et le radar est importante, moins la génération de faux échos par les lobes secondaires est probable, dans la mesure où la puissance d'émission du lobe secondaire n'est pas assez forte pour atteindre les éoliennes qui sont à environ 20 km de distance dans le cas des radars de Piriac, Chemoulin, Mindin et de l'Herbaudière.

En conclusion, la génération de faux échos par les lobes secondaires pour les radars concernés est très peu probable du fait de la distance (environ 20 km) entre chacun des 4 radars et les éoliennes.

#### 6.2.3.2 Génération de faux échos par multi-trajet

Cet effet est associé aux éventuels multi-trajets avec réflexion sur les éoliennes pouvant générer dans certaines conditions :

- 1. un étalement temporel de la réponse de la cible, entraînant donc une dégradation de la résolution en distance des radars sur la cible utile,
- 2. des duplications des cibles existantes qui peuvent introduire des confusions entre cibles réelles et multi trajets.

La valeur relative de la puissance de tous les multi-trajets et trajets directs augmente lorsque :

- soit le navire est proche de l'éolienne,
- soit l'éolienne est proche du radar.

Compte tenu de la distance importante entre les radars et le parc éolien, cette étude se concentrera sur le cas de figure où le navire est proche de l'éolienne.

# Zones potentielles d'apparition de faux échos

#### Radar du Mindin

Figure 13 : Couverture impactée du radar du Mindin

L'analyse de la Figure 13 montre que le parc éolien se situe en limite de couverture du radar du Mindin. Du fait de la distance entre ce radar et le parc éolien (28,6 km), si de faux échos apparaissent, ils apparaitront dans une zone située au-delà du secteur de couverture. Il est donc possible de conclure que le radar du Mindin ne sera pratiquement pas impacté par les faux échos par multi-trajet.

#### Radar du sémaphore de Chemoulin :

Ce type de faux échos est dû à la réflexion des ondes radar par un navire en direction des éoliennes : le signal se réfléchit sur une éolienne, puis revient vers le radar, tout ceci se passant dans un seul et même tour d'antenne. Le système radar va interpréter ce signal comme celui d'une cible positionnée derrière l'éolienne comme indiqué sur la Figure 14 :

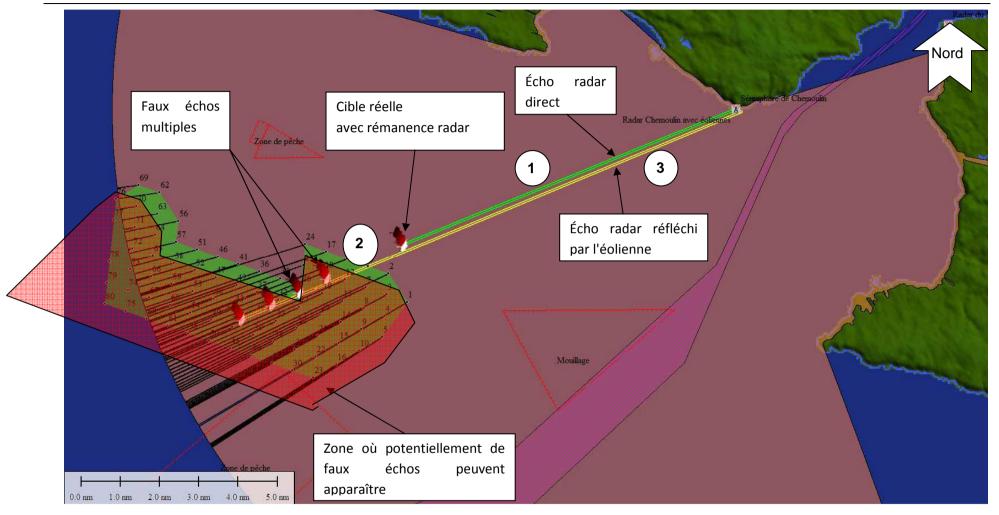


Figure 14 : Schéma représentatif de la zone potentielle d'apparition des réflexions/faux échos pour le radar de Chemoulin

Sur la Figure 14, la zone où pourraient apparaitre de faux échos (zone en violet sur la figure) est située dans l'alignement du radar de Chemoulin et des éoliennes, derrière les éoliennes. Le chenal d'approche du GPMNSN se trouve à 4,3 NM du parc éolien ce qui est beaucoup trop loin pour que les navires empruntant ce chenal génèrent de faux échos par multi-trajets : pour cette simulation, SIGNALIS a donc principalement basé son analyse sur le trafic de pêche ou de plaisance à proximité du parc éolien.

Pour chaque écho, le radar mesure l'angle dans lequel il voit l'écho par rapport au top Nord), et la distance (distance entre le radar et l'écho).

La distance est calculée à partir du temps de transit (aller et retour) d'une brève "impulsion radioélectrique" t, émise et de sa vitesse de propagation c0. La distance de l'écho (calculée par le radar) est la distance en ligne droite entre l'antenne du radar et la cible. Le temps mesuré par le radar est le temps nécessaire à l'impulsion pour aller de l'antenne à la cible, puis de la cible vers l'antenne après réflexion. Chaque impulsion revenant au radar a parcouru deux fois la distance radar-cible. La formule permettant de calculer cette distance est donc la suivante :

Distance Radar - Cible = 
$$\frac{c_0 \times t}{2}$$

 $c_0$  = vitesse de la lumière = 3.10<sup>8</sup> m/s t = temps mesuré en seconde

#### Équation 1 : Équation du calcul de la distance Radar - Cible

Ainsi pour comprendre où peuvent apparaitre de faux échos, il faut additionner le temps de transit d'une "impulsion radioélectrique" pour parcourir le trajet 1 du radar vers la cible (voir la Figure 14), puis le trajet 2 entre la cible et l'éolienne enfin le trajet 3 de retour vers le radar de Saint-Nazaire.

La somme de ces 3 trajets étant toujours supérieure à la distance Radar-Éolienne, les faux échos apparaîtront toujours derrière les éoliennes (cf. Figure 15, dans l'alignement du radar et des éoliennes.

Ce phénomène de faux échos concernera uniquement les navires naviguant à proximité des éoliennes. Il est aussi directement lié aux formes des superstructures des navires qui seront plus ou moins favorables à la réflexion des ondes radar en direction des éoliennes puis du radar. Ainsi les gros navires, plus à même de réfléchir une grande quantité d'énergie mais aussi de plus petits navires pourront lors de passages auprès des éoliennes générer des faux échos de façon intermittente ou plus rarement continue.

En ajoutant les couvertures radar de Piriac et de l'Herbaudière à la Figure 14, on obtient la Figure 15. On remarque que la zone où de faux échos peuvent apparaître pour le radar de Chemoulin est entièrement couverte par les autres radars. Ainsi il est possible d'opérer une corrélation de l'information de ces trois radars et d'éliminer de faux échos s'ils apparaissent dans cette zone sur l'un des trois radars. Comme vu précédemment, l'apparition d'un faux écho par multi-écho est fortement liée à la position du radar par rapport au navire et aux

éoliennes. Ainsi si un faux écho apparait sur un radar il est fort peu probable que ce même faux écho apparaisse sur un autre radar.

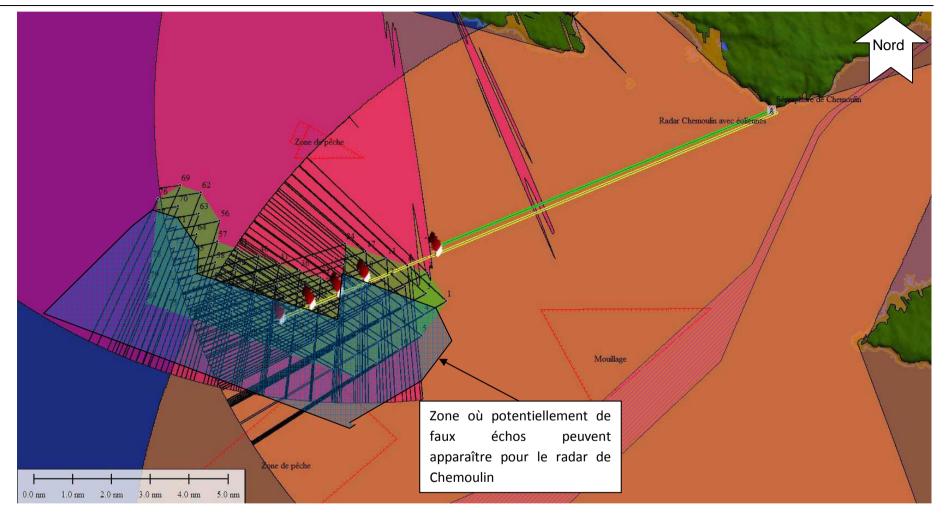


Figure 15 : Schéma représentatif de la zone potentielle d'apparition des réflexions/faux échos radar pour le radar de Chemoulin, superposée aux couvertures radar de Piriac et de l'Herbaudière

#### Radar de l'Herbaudière :

Comme précédemment, l'analyse du trafic maritime permet de définir où et comment peuvent se former de faux échos pour le radar de l'Herbaudière (voir Figure 16).

Compte tenu de la distance importante entre le chenal d'approche du GPMNSN et le parc éolien, le trafic dans le chenal ne générera certainement pas de faux écho généré sur le radar de l'Herbaudière. Cependant, du fait de la proximité de la zone de mouillage et du parc éolien, des faux échos pourraient être associés aux navires au mouillage (voir Figure 16). Les navires présents dans cette zone sont immobiles ou en mouvement à faible vitesse : il en sera de même pour les faux échos. De même que pour le radar de Chemoulin, la zone où peuvent apparaître de faux échos est couverte par les radars de Chemoulin et Piriac limitant ainsi l'impact de cet effet.

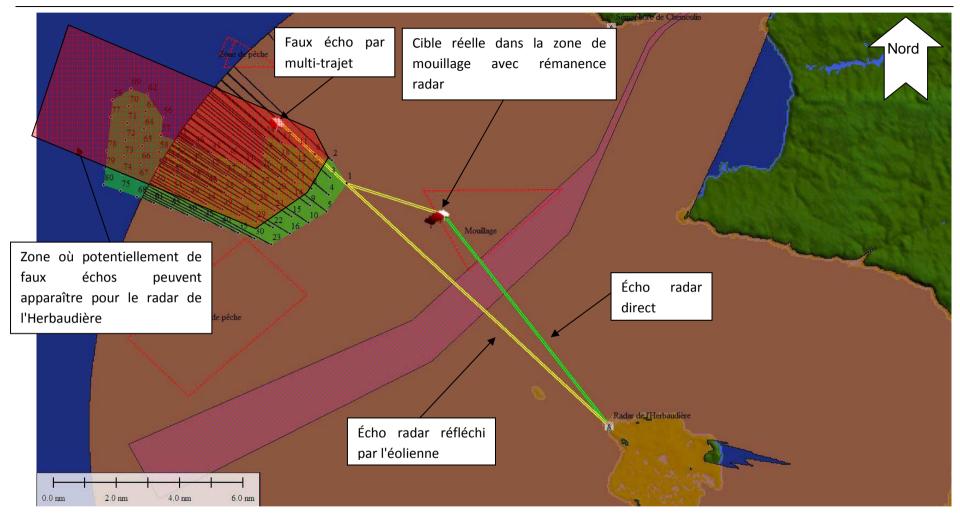


Figure 16 : Schéma représentatif de la zone potentielle d'apparition des réflexions/faux échos radar pour le radar de l'Herbaudière

#### 6.2.3.3 Conclusion sur l'effet de réflexion – faux échos

Le projet éolien de Saint-Nazaire se situe à une distance importante des radars de Piriac, Chemoulin, du Mindin et de l'Herbaudière par rapport à leur portée maximale pour les petits navires : la génération de faux échos par les lobes secondaires est très peu probable.

Toutefois, il est probable que des effets de réflexion/faux échos radar par multi-trajet apparaissent. Les zones d'apparition seraient situées dans l'alignement des radars et des éoliennes, derrière les éoliennes (voir Figure 14 et Figure 16).

Les navires passant à proximité du parc éolien pourraient générer un tel phénomène, en fonction notamment des caractéristiques de leurs superstructures, plus ou moins favorables à la réflexion des ondes radar.

Ce phénomène de faux échos est susceptible de perturber la surveillance du trafic maritime aux abords du parc éolien. Les faux échos peuvent apparaitre proches des éoliennes et être interprétés par l'opérateur radar comme des situations associées à un fort risque de collision, et le conduire à prendre des décisions erronées.

Le radar du Mindin sera certainement le moins impacté par cet effet du fait de la distance et du faible angle de vue sur le parc éolien.

Les radars de Piriac, Chemoulin et de l'Herbaudière, plus impactés, sont connectés au système SPATIONAV: il est donc possible d'opérer une corrélation d'information entre ces 3 radars. Ainsi si de faux échos apparaissent sur l'un de ces trois radars il est très peu probable qu'ils apparaissent au même moment sur les deux autres radars limitant ainsi l'impact de cet effet.

Même si cet effet de faux échos par multi-trajets semble limité du fait de la couverture radar importante des radars présents dans la zone, il paraît nécessaire d'envisager des mesures compensatoires pour maintenir le niveau actuel de la surveillance du trafic maritime par les sémaphores de Piriac et de Chemoulin.

# 7 Évaluation des impacts sur les radars de navigation embarqués

Pour évaluer l'impact du parc éolien sur les radars embarqués en Manche, SIGNALIS a recueilli le retour d'expérience du Port of London Authority (PLA) concernant le parc éolien en mer de Kentish Flats.

Le parc de Kentish Flats est situé dans l'estuaire de la Tamise et comprend 30 éoliennes disposées en diamant. Les premières éoliennes se situent à moins d'1 mille au sud du chenal « Princes Channel » qui connait un trafic de 40 à 50 navires par jour.

La géométrie globale du parc éolien joue un rôle important concernant les perturbations sur les radars embarqués.

D'après PLA, l'impact sur les radars embarqués est plus significatif que sur les radars à terre.

Les phénomènes susceptibles d'être détectés sur les écrans radar à proximité du futur parc éolien de Saint-Nazaire sont listés ci-dessous par ordre croissant d'importance :

- 1. Réflexions linéaires dans plusieurs secteurs
- 2. Déformations de secteur
- 3. Images « miroirs »
- 4. Détection intermittente de cibles entre les éoliennes
- 5. Déformations radiales
- 6. Zones d'ombre
- 7. Réflexions Faux échos

Les phénomènes de réflexions linéaires et de déformations de secteur sont assez difficiles à prévoir. Par contre, il y a de très fortes chances d'observer les quatre autres phénomènes qui sont : images miroirs, détection intermittente de cibles entre les éoliennes, déformations radiales et zones d'ombre.

De tels phénomènes surviendront probablement aux abords du futur parc éolien de Saint-Nazaire notamment pour les navires de pêche ou de plaisance équipés d'un radar de navigation. La zone d'implantation du parc éolien est relativement éloignée du chenal d'approche du GPMNSN (4,36 NM) et située à 2,4 NM au minimum de la zone de mouillage. Ainsi les radars de navigation des gros navires naviguant dans le chenal ont peu de risque d'être perturbés par le parc éolien.

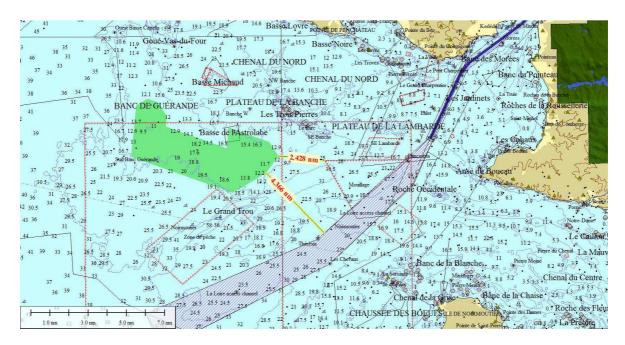


Figure 17 : Position du parc éolien par rapport aux chenaux d'approches du GPMNSN

Les effets de réflexion – faux échos sur les radars embarqués seront certainement beaucoup plus fréquents que dans le cas des radars de surveillance maritime à terre. Les phénomènes décrits pour les radars fixes dans le paragraphe 6.2.3 seront donc encore plus effectifs pour les radars mobiles. Ces faux échos radar peuvent être mal interprétés par les marins naviguant à proximité du parc.

L'ensemble de ces phénomènes sont largement repris et expliqués dans le document Kentish Flats Radar Study – BWEA – Examining the effect of offshore wind farms on radar navigation [R3] dont les conclusions sur l'impact des éoliennes sur les radars embarqués sont les suivantes :

- Les effets observés étaient dans certains cas en rapport avec la vitesse des navires passant à proximité du parc éolien.
- De faux échos sont souvent apparus provenant des structures métalliques des navires conduisant l'étude. Ces phénomènes étaient accentués par la forte quantité d'énergie électromagnétique réfléchie par les éoliennes.
- De petits navires naviguant à proximité du parc éolien furent détectés par le radar embarqué du navire effectuant le test et placé de l'autre côté du parc éolien. Le signal radar de retour semblait ne pas avoir été trop perturbé par son passage au travers du parc. Toutefois, les radars équipés d'un réglage du niveau de gain normal ou automatique peuvent effectivement ne pas détecter de très petites cibles.

 Sur des radars embarqués équipés d'un plotting automatique, des échos de petits navires naviguant à proximité du parc éolien peuvent s'associer avec de gros échos générés par les éoliennes. Ces effets sont brefs et durent le temps que les navires s'éloignent de l'éolienne.

#### 7.1 Évaluation des impacts sur les moyens de surveillance optiques

Les moyens de surveillance optiques présents dans le secteur de Saint-Nazaire et listés dans le Tableau 2 (jumelles jour et thermiques) sont des composants passifs. Il n'y a pas de transmission de signaux (lasers ou infrarouges) qui pourraient être déviée ou atténuée par les éoliennes.

De plus, du fait des fréquences très élevées des ondes électromagnétiques du visible et de l'infrarouge, il n'y a pas d'effet de distorsion ou d'absorption par les éoliennes.

Le seul type d'impact possible est un effet de zone d'ombre créé par les éoliennes sur la zone de surveillance. La distance entre le sémaphore de Chemoulin et les premières éoliennes du parc est de 18,1 km. A cette distance, il n'est pas possible d'effectuer une identification avec les jumelles jours et thermiques aujourd'hui disponibles.

Il est donc possible de conclure que l'impact du parc éolien sur les moyens de surveillance optiques est pratiquement nul.

#### 7.1.1 Évaluation des impacts sur les radios goniométriques VHF

Les radios goniométriques qui équipent les sémaphores sont des composants passifs qui permettent de détecter la direction des signaux VHF.

Une radio goniométrique est connectée à une antenne constituée par un ensemble de dipôles fixes qui sont commutés cycliquement.

Grâce à cette antenne très caractéristique, les radios goniométriques sont capables de mesurer l'angle de provenance d'un signal VHF; toutefois, elles ne permettent pas de mesurer la distance entre le point d'émission et l'antenne de réception.

La localisation précise d'un appel VHF ne peut donc s'effectuer que par triangulation à partir de radios goniométriques placées à des endroits différents.



Figure 18 : Exemple d'antenne radio goniométrique VHF

Selon le document « Rapport de la CCE5 n°3 : Perturbations du fonctionnement des radars fixes maritimes, fluviaux et portuaires par les éoliennes - Version 1 du 26/02/2008. » de l'Agence Nationale des Fréquences en référence [R2], les impacts causés par les éoliennes sur les radios goniométriques sont les suivants :

- 1. Zone d'ombre Effet de masquage
- 2. Effet d'erreur de mesure angulaire (multi-trajet)

#### 7.1.1.1 Zone d'ombre – Effet de masquage

L'effet de masquage maximal est obtenu lorsque le navire émetteur, l'éolienne et le goniomètre sont alignés à mieux que quelques centièmes de degrés près. Dans ce cas, les éoliennes (de par leur très forte signature électromagnétique) peuvent réduire l'énergie du signal émis par le navire au point de le masquer pour le goniomètre.

Cette réduction de champ génère une zone où la portée du goniomètre est réduite.

La longueur d'onde de fonctionnement du goniomètre VHF étant de l'ordre de 2m (118 à 174 MHz), on retrouvera un effet de masquage par le mât des éoliennes qui ne s'appliquera que sur un trajet aller simple et sera d'amplitude beaucoup plus faible que les masquages observés sur le radar.

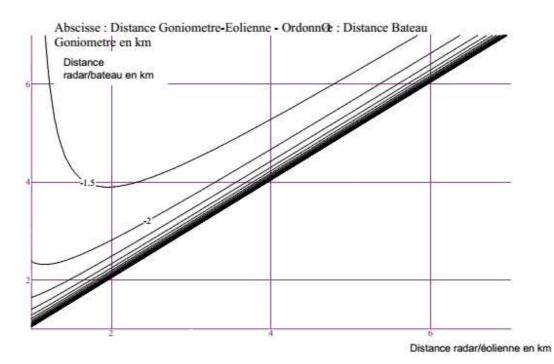


Figure 19 : Atténuation en dB du signal VHF/goniomètre en aller simple derrière un mât d'éolienne de 7m de diamètre

La Figure 19 montre que les affaiblissements sur le trajet navire/éolienne sont inférieurs à 2 dB pour :

- une distance goniomètre éolienne de 5 km ou plus,
- une distance bateau éolienne de 500 m ou plus.

De plus, les atténuations affichées dans la Figure 19 constituent des maximums, correspondant à une situation où le navire émetteur, l'éolienne et le goniomètre sont alignés à mieux que quelques centièmes de degrés près. Dès que cette condition d'alignement disparaîtra, aucune atténuation mesurable ne sera générée par l'éolienne sur l'onde électromagnétique VHF.

De façon générale, les conclusions du document [R2] sont que cet effet de masquage, même dans les conditions les plus défavorables, n'affectera que très marginalement le fonctionnement des goniomètres.

Dans le cas du parc éolien de Saint-Nazaire, une distance de plus de 15 km séparant les éoliennes des goniomètres, l'effet de masquage sera pratiquement nul.

#### 7.1.1.2 Effet d'erreur de mesure angulaire (multi-trajet)

Des erreurs de mesure angulaire sont susceptibles d'être générées par l'interférence sur le goniomètre des champs électromagnétiques incidents provenant :

- du trajet direct (navire émetteur/goniomètre),
- du multi trajets d'ordre 1 (navire émetteur/éolienne/goniomètre).

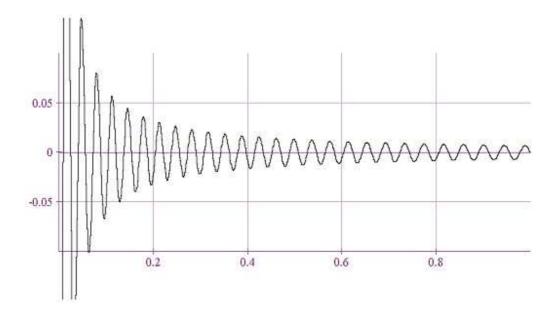
L'étude du document de référence [R2] permet de mettre en évidence :

- des fortes erreurs angulaires : de 1° à plusieurs dizaines de degrés lorsque le navire se trouve dans un rayon d'environ 200 m autour de l'éolienne
- une décroissance rapide de ces erreurs en–dessous de 0,1° lorsque le navire est situé à plus de 200 m de l'éolienne.

La perturbation apportée par l'éolienne devrait être généralement négligeable par rapport à la précision intrinsèque de mesure (1°) du goniomètre des sémaphores.

La Figure 20 ci-dessous montre un exemple de variation de l'erreur angulaire (en degrés entre -0.1° et +0.1°) constatée par le goniomètre en fonction de la distance bateau - éolienne (en km). Ce cas particulier correspond aux conditions suivantes :

- Éolienne située à 5 km du goniomètre
- Trajectoire particulière : navire s'éloignant de l'éolienne.



#### Figure 20 : Erreur angulaire (en°) d'un goniomètre en fonction de la distance bateauéolienne en km

L'erreur générée par la présence de l'éolienne est inférieure à 0,03° lorsque le navire est situé à plus de 500 m de l'éolienne.

Un calcul similaire réalisé en plaçant le bateau fixe à 10 km du goniomètre et en cherchant la limite inférieure de distance entre le goniomètre et l'éolienne fournit également une distance minimale de 500 m pour une erreur < 0,03°.

Par conséquent, on peut conclure que l'erreur sur la mesure angulaire des goniomètres générée par les multi-trajets parasites causés par une éolienne proche du navire émetteur sera négligeable (<0,03°) dès lors que les deux conditions suivantes seront remplies en même temps :

- distance éolienne/goniomètre > 0,5 km,
- distance éolienne/bateau émetteur > 0,5 km.

Dans le cas du projet de Saint-Nazaire, on peut conclure que l'effet d'erreur angulaire sur les radios goniométriques VHF causé par les éoliennes sera pratiquement nul.

#### 7.1.2 Évaluation des impacts sur l'AIS et les moyens de communication

Le document de référence [R8] : "Results of the electromagnetic investigations and assessments of marine radar, communications and positioning systems undertaken at the North Hoyle wind farm by QinetiQ and the Maritime and Coastguard Agency – Reference: QUINETIQ/03/00297/1/1 – Reference: MCA MNA 53/10/366 – 22/11/2004" rédigé par le MCA (Maritime and Coastguard Agengy – UK) et QinetiQ décrit les tests réalisés en grandeur nature dans le parc éolien de North Hoyle (UK) afin d'évaluer les impacts sur les moyens de communication et l'AIS dans et au voisinage du parc causés par les éoliennes.

Les transpondeurs AIS utilisent la VHF pour diffuser les informations de positions et d'identités des navires. L'analyse des impacts sur la VHF pourra donc être transposée à l'AIS.

Les résultats de ces tests ont montré les points suivants :

1- Concernant les communications VHF:

Les structures de parcs éoliens n'ont aucun effet notable sur les communications VHF à l'intérieur du parc éolien ou à terre.

Cependant, lors de ce test des problèmes de réception de la radio goniométrique furent constatés (problèmes listés dans le paragraphe 7.1.1). Ce phénomène a disparu lorsque le navire émetteur s'est écarté de 50 mètres de l'éolienne.

2- Concernant les autres moyens de communication :

**Téléphones portable (GSM)** : Il n'a pas été observé d'effet notable sur les systèmes de communications de téléphonie mobile.

**Appel sélectif numérique (DSC)**: Les communications du système DSC dans le parc éolien, contacts réalisés via les sous-centres de surveillance maritimes Holyhead et Liverpool, n'ont pas subi d'impact.

AIS: Les échanges de données AIS entre les navires ont fonctionné de manière satisfaisante. Le centre des gardes côtes de Liverpool qui recevait aussi les données AIS pendant le test a indiqué que les deux composants VHF et GPS ont fonctionné de manière satisfaisante pendant toute la durée du test.

Le test grandeur nature effectué dans le parc éolien de North Hoyle (UK) a montré que l'utilisation des moyens de communication VHF et de l'AIS a été très peu impactée par les éoliennes. Par ailleurs, la plupart des parcs éoliens opérationnels dans le monde utilisent la VHF pour les communications entre les personnels et les navires, et le retour d'expérience concernant l'utilisation de la VHF dans et au voisinage des parcs éolien est de manière générale très positif.

# 8 Mesures proposées pour la réduction et la compensation des impacts

#### 8.1 Liste des mesures de réduction et de compensation proposées

Pour limiter les impacts identifiés dans cette étude, cinq types de mesures sont proposées :

1. Nouveaux réglages et paramétrages du radar des radars de Piriac, Chemoulin et de l'Herbaudière.

Cette mesure a pour but de limiter les impacts des éoliennes sur ces radars.

2. Ajout de moyens d'aides à la navigation électroniques tels que AIS virtuels, "RACON" et "AIS (AtoN)" aux coins du parc éolien.

L'objectif ici est d'assurer un balisage optimal du parc éolien pendant toutes les phases du projet éolien offshore (construction, déploiement, opération et démantèlement).

3. Formation du personnel opérateur.

Les opérateurs des centres de surveillance du trafic maritime locaux (sémaphore, CROSS, GPMNSN, etc.) doivent connaître les divers impacts qu'un parc éolien peut entraîner sur les systèmes de surveillance et sur les instruments de navigation à bord des navires.

4. Installation d'une bouée témoin à proximité du parc éolien.

Cette mesure a pour but de limiter les impacts des éoliennes sur les radars embarqués des navires naviguant au voisinage du parc éolien. Cette bouée sera équipée d'un réflecteur radar. Les opérateurs radar pourront ainsi si besoin calibrer leur radar de navigation dans l'environnement éolien offshore.

5. *Installation de 2 radars supplémentaires* et intégration de ces nouveaux radars au système SPATIONAV.

L'ajout de 2 radars supplémentaires en mer a pour but de compenser l'impact sur les radars existants et aussi d'assurer la surveillance des activités maritime dans le parc éolien et à son voisinage.

## 8.1.1 Nouveaux réglages et paramétrages des radars de Piriac, Chemoulin et de l'Herbaudière

L'apparition de faux échos radar au voisinage du parc éolien peut engendrer la création de fausses pistes radar pour les radars de Piriac, Chemoulin et de l'Herbaudière; en effet, ces systèmes radar connectés au système SPATIONAV créent automatiquement une piste radar si un écho radar est confirmé par 5 rotations consécutives d'antenne radar.

Afin d'éviter le phénomène de création de fausses pistes à partir des faux échos radar, de nouveaux réglages sur le système radar seront à prévoir, consistant à inhiber la création automatique de piste dans une zone autour du parc éolien. La Figure 21 représente la zone d'inhibition qui pourrait être mise en place.

Les pistes existantes (présentes dans le système radar) qui entrent/sortent dans cette zone seront parfaitement conservées et entretenues. L'opérateur pourra ainsi suivre une piste entrant et sortant de la zone d'inhibition.

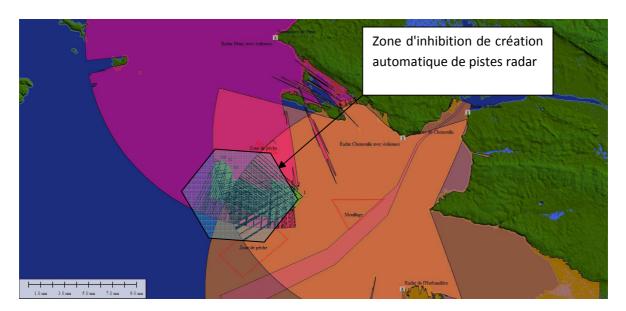


Figure 21 : Zone d'inhibition de création automatique de pistes pour les radars de Piriac, Chemoulin et de l'Herbaudière

La cartographie du système SPATIONAV devra être mise à jour afin d'intégrer le futur parc éolien et éventuellement les bouées complémentaires.

8.1.2 Implantation de moyens d'aides à la navigation électroniques : AIS virtuels, "RACON" et "AIS (AtoN)"

Au-delà du balisage optique spécifique prévu par la réglementation (annexe de référence [R7]), un des moyens de compensation possible est l'ajout d'aides à la navigation électroniques.

Les normes techniques et de performance pour les aides à la navigation (AtoN) maritimes sont fixées par l'Association Internationale de Signalisation Maritime (AISM).

Les AtoN utilisées pour baliser le parc éolien seront maintenus de manière à assurer les standards de disponibilité prévus par la recommandation O-139 de l'AISM, soit 99% pour une marque de catégorie 2.

La Figure 22 présente les recommandations de SIGNALIS concernant la position du balisage RACON et AtoN (AIS) :

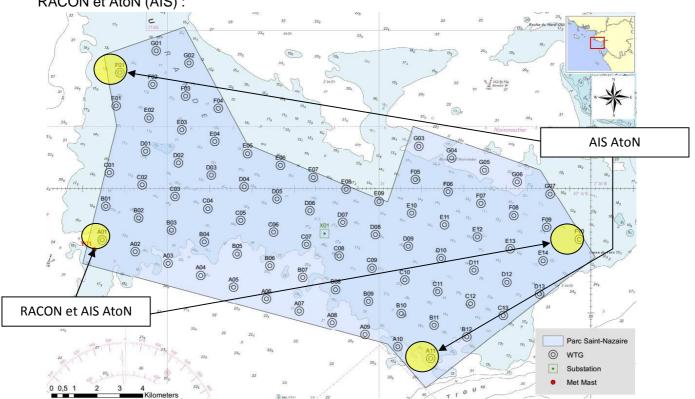


Figure 22: Recommandation pour l'implantation de RACON et d'AtoN (AIS)

Le balisage du parc éolien par des AtoN (AIS et RACON) indiqué sur la Figure 22 a pour but de marquer le parc éolien de façon distinctive pour tout navire s'approchant du parc et provenant de n'importe quelle direction. Avec la disposition proposée ici, un navire (équipé d'AIS et/ou radar de navigation) arrivant sur le parc éolien sous n'importe quel angle d'approche sera en mesure de visualiser au minimum 1 RACON et/ou 1 AIS AtoN.

#### 8.1.3 Formation du personnel opérateur

Le personnel opérateur local doit être en mesure de comprendre et d'analyser par tout temps les divers phénomènes de perturbation créés par le parc éolien, ceci dans le but d'aider du

mieux possible les usagers naviguant dans la zone au large de Saint-Nazaire. Une formation complémentaire des opérateurs des sémaphores concernés pourra être proposée.

#### 8.1.4 Installation d'une bouée témoin à proximité du parc éolien

Cette bouée serait équipée d'un feu de signalisation (visible à 5NM) et d'un réflecteur radar. Elle servirait de référence pour les radars embarqués de navigation. Les navires naviguant à proximité du parc éolien pourraient vérifier et calibrer leur radar sur cette bouée témoin et ainsi minimiser les phénomènes perturbants. Cette bouée serait signalée sur les cartes marines.

Afin d'optimiser le calibrage des radars embarqués, cette bouée devrait être placée de telle manière que les ondes radar traversent le parc éolien avant d'atteindre la bouée et le réflecteur radar.

Des calculs supplémentaires ainsi que des simulations de couverture radar devront être réalisés afin d'optimiser l'emplacement de cette bouée.

#### 8.1.5 Installation de 2 radars supplémentaires

Les zones d'ombres et le risque de générer des fausses pistes autour du parc éolien font qu'il est indispensable de compléter le dispositif de contrôle du trafic maritime par deux nouveaux radars.

Ces radars supplémentaires devraient être connectés au système SPATIONAV existant, afin que l'information fournie par ces nouveaux radars soit mise à la disposition des CROSS et sémaphores responsables de la surveillance de cette zone.

L'étude préliminaire a fourni une recommandation possible pour le positionnement de radars supplémentaires dans le parc éolien en fonction de l'activité du trafic maritime actuelle. La position finale de ces radars sera optimisée en fonction de la position réelle des turbines.

# Installation d'un radar supplémentaire à l'extrémité Sud-Ouest du parc éolien sur l'éolienne A01 :

SIGNALIS propose de placer un radar sur le mât de l'éolienne A01.

Compte tenu des dimensions des éoliennes, ce nouveau radar serait installé à 20 mètres audessus du niveau des plus hautes mers astronomiques (HAT). Le système radar serait fixé sur la fondation de l'éolienne A01 comme représenté sur la Figure 23.

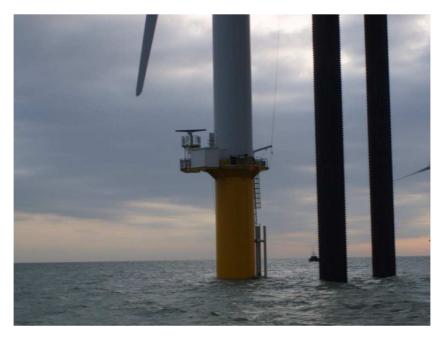


Figure 23 : Exemple d'installation radar sur la fondation d'une éolienne. Site radar de Gunfleet Sands, UK. Radar connecté au système VTS de PLA par SIGNALIS

Le faible espace disponible sur ce type de plateforme contraint dans cette solution à choisir une antenne radar de 12 pieds.

A 20 mètres de hauteur et en milieu marin, le radar devra pouvoir fonctionner en ambiance marine forte : subir l'embrun, le vent et toutes autres agressions environnementales. Pour remédier à cela, il est envisagé une solution complètement « sheltérisée » (hors antenne) qui assurera la protection des composants du radar.

L'accès au radar sera limité. Il est donc par conséquent envisagé de redonder au maximum les composants des radars :

- double émetteur-récepteur,
- redondance de l'acquisition des données radars assurée par 2 PC d'acquisition,
- redondance du matériel réseau pour communiquer les informations au serveur central de données.

Afin de limiter au maximum l'impact des éoliennes sur ce nouveau radar, le nouveau radar sera configuré avec une zone de non émission radar (*sector blanking*) de 105°. La Figure 24 représente une simulation de la couverture de ce nouveau radar.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Le shelter est un coffret fermé, dans lequel est installé l'émetteur-récepteur radar, l'ordinateur effectuant l'acquisition des données radar, les équipements réseaux et UPS (Uninterruptible Power Supply)

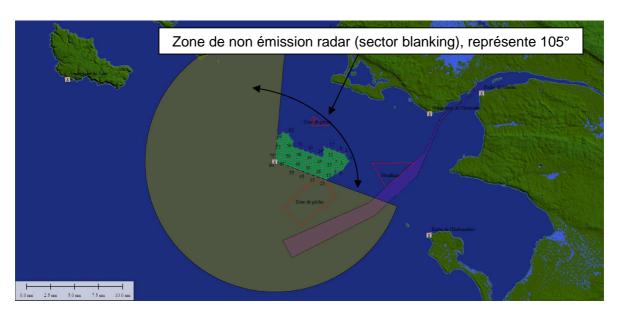


Figure 24 : Simulation de couverture radar avec un radar supplémentaire sur l'éolienne A01

Ce nouveau radar pourra être connecté au système SPATIONAV sur lequel sont raccordés les sémaphores de Piriac, Chemoulin et le radar de l'Herbaudière.

<u>Conclusion</u>: dans une telle configuration, l'ajout d'information radar sur le secteur permettra de réduire les effets de zone d'ombre et de réflexion et faux échos.

Ce radar supplémentaire offre une bonne surveillance de l'entrée des chenaux d'approche du GPMNSN.

La faible hauteur de l'antenne radar (20 mètres) positionnée en dessous du niveau des pales des éoliennes limitera des effets de réflexion.

De plus, ce nouveau radar complètera de façon notable la couverture radar actuelle de la FOSIT. La zone actuellement non couverte par les radars de Piriac, de Chemoulin et de l'Herbaudière sera totalement couverte.

Toutefois, cette solution n'assure pas ou très peu de couverture radar à l'intérieur du parc éolien ainsi que dans toute la partie Ouest du parc éolien. Afin d'y remédier, il est envisagé un second radar placé au centre du parc éolien sur la plateforme du poste de transformation électrique.

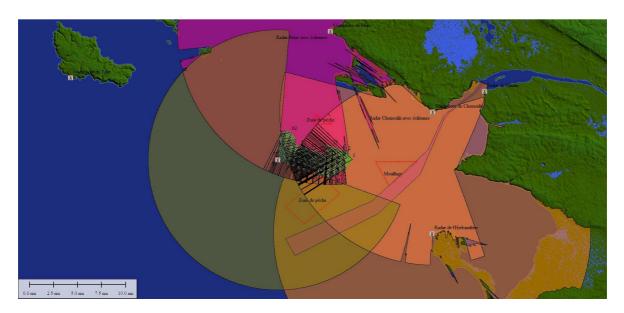


Figure 25 : Couverture du radar supplémentaire sur l'éolienne A01 du parc éolien offshore de Saint-Nazaire

Installation d'un radar supplémentaire au centre du parc éolien sur la plateforme du poste de transformation électrique (OSS)

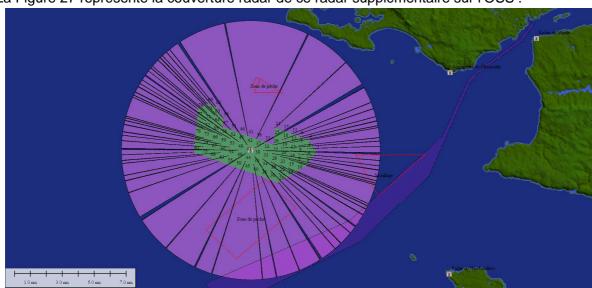
Il est envisagé de compléter la couverture radar par l'ajout d'un radar sur l'OSS.

Ce nouveau radar sera placé au sommet de l'OSS à environ 40 mètres de hauteur au-dessus du niveau HAT, et sera équipé d'une antenne de 12 pieds maximum en raison du faible espace disponible sur ce type de plateforme.

Ce nouveau radar pourra aussi être connecté au système SPATIONAV.



Figure 26 : Exemple d'installation radar sur une OSS. Parc éolien de Horns Rev au Danemark



La Figure 27 représente la couverture radar de ce radar supplémentaire sur l'OSS :

Figure 27 : Simulation de couverture radar avec un radar supplémentaire sur l'OSS

<u>Conclusion</u>: dans une telle configuration, la couverture radar complète est assurée à la fois dans le parc éolien et à l'intérieur du parc. Si des navires naviguant dans les chenaux d'approche du GPMNSN rencontrent des avaries moteur et dérivent en direction du parc éolien, ils seront détectés et suivis beaucoup plus tôt, ce qui permettra notamment au CROSS de lancer des moyens d'interventions beaucoup plus rapidement et de façon plus précise.

# 8.2 Estimation des impacts après réduction - Plan de raccordement au système SPATIONAV

#### 8.2.1 Estimation des impacts radar après réduction

La réduction des impacts sur les radars de surveillance du trafic maritime existants sera vraiment efficace du fait que les nouveaux radars proposés seront raccordés au système SPATIONAV. Ainsi si des effets perturbants apparaissent sur un radar, ces effets seront facilement compensés et annulés en corrélant l'information provenant d'autres radars présents dans le secteur.

La couverture radar avec les deux radars supplémentaires sur l'éolienne A01 et l'OSS est représentée sur la Figure 28 :

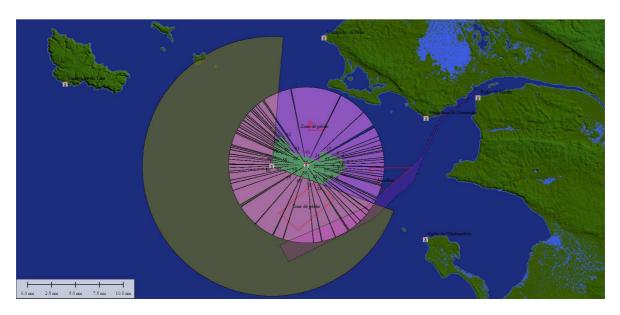


Figure 28 : Simulation de couverture radar avec un radar supplémentaire sur l'éolienne A01 et l'OSS

La Figure 29 suivante montre la couverture radar totale avec l'ajout d'un radar supplémentaire sur l'éolienne A01 et l'OSS :

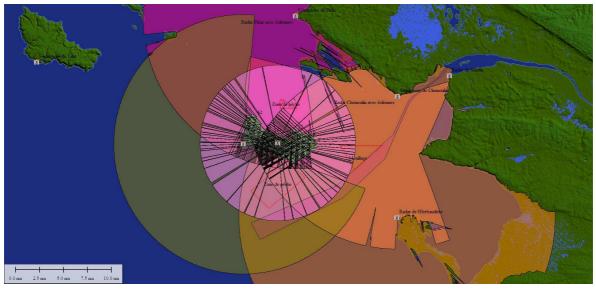


Figure 29 : Simulation de couverture radar globale avec un radar supplémentaire sur l'éolienne A01 et l'OSS

<u>Conclusion</u>: avec une telle configuration radar, la couverture radar complète est assurée à la fois dans le parc éolien et à l'intérieur du parc.

Cette solution compense complètement les pertes occasionnées par la présence des éoliennes sur les radars de Piriac, Chemoulin et de l'Herbaudière. De plus elle augmente de façon non négligeable la couverture radar actuelle dans le secteur de Saint-Nazaire.

#### 8.2.2 Architecture du nouveau système radar

Les principes fondamentaux de l'architecture du système radar sont les suivants :

- architecture matérielle totalement distribuée, c'est à dire que l'ensemble des senseurs (radars au travers du coffret de numérisation/extraction/pistage) et des équipements informatiques du ou des centres de contrôle (serveurs et postes opérateurs), sont tous reliés au même réseau Ethernet;
- maximum de fonctions réalisées par modules logiciels ce qui accroît la souplesse dans l'implémentation de l'architecture ;
- **choix des grands standards informatiques**, ce qui permet de bénéficier en continu des améliorations de performances que le monde industriel apporte à ces équipements;

Dans cette architecture, l'ensemble des informations (vidéos brutes radar, pistes, alarmes,...), générées par un équipement, sont présentes sur le réseau et accessibles à tout autre équipement.

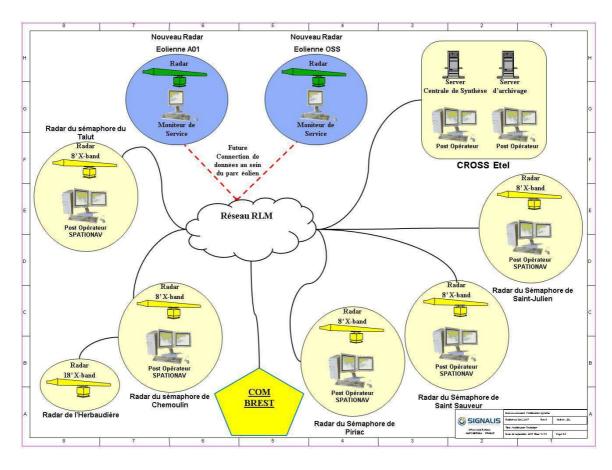


Figure 30 : Architecture opérationnelle du système SPATIONAV avec les deux radars supplémentaires installés sur les éoliennes A01 et OSS

#### 8.3 Description technique des moyens proposés

#### 8.3.1 Système radar

SIGNALIS propose le radar SCANTER 5102 50 W "downmast" à état-solide avec une antenne de 12 pieds de la société TERMA.

Cette solution radar représente une solution haut de gamme, incluant les toutes dernières technologies en matière de système radar maritime.



Figure 31 : Radar TERMA SCANTER 5102 50W "downmast" à état solide avec une antenne de 12 pieds

L'émetteur-récepteur radar se trouve dans un shelter climatisé et l'antenne est placée au sommet du shelter. L'ensemble antenne radar + émetteur-récepteur est connecté par un guide d'onde elliptique de type WR90.

Les caractéristiques techniques de ce radar sont les suivantes :

Critères	Détails	
Antenne Radar 12 pieds : 12' COHP-F-34		
Polarisation	Horizontale	
Fréquence - Bande	9 140 MHz 9 500 MHz – Bande X	
Largeur du faisceau horizontal		
- 3dB	0,60°	
Largeur du faisceau vertical		
- 3dB	16°	
Gain	34 dB	
Vitesse de rotation	10 à 48 tours/min	
Dimensions		
- longueur	4112 mm	
- poids de l'antenne (moteur inclus)	125 kg	
Émetteur-récepteur : SCANTER 5102 X-BAND		
Puissance crête	50 W	
Type d'émetteur	État-solide	
Type de récepteur	Logarithmique	
Fréquence - Bande	9 000 MHz 9 500 MHz – Bande X	
Longueur du chirp	de 80 ns à 500 ns - short, medium, long	
Fréquence de répétition des chirps	1 à 10 kHz	
Dynamique	> 140 dB	
Facteur de bruit	2,5 dB (standard)	
Dimension de l'émetteur-récepteur	990 x 497 x 305 mm	
(Longueur x Largeur x Profondeur)		
Poids de l'émetteur-récepteur	70 kg	

Tableau 11 : Caractéristiques techniques du radar TERMA SCANTER 5102, 50W "downmast" à état-solide et de l'antenne TERMA 12 pieds

Les avantages majeurs du SCANTER 5102 pour une installation en mer sont les suivantes :

- Le SCANTER 5102 n'utilise pas de magnétron pour générer l'impulsion radioélectrique mais des transistors de puissance. Le magnétron est un composant qui doit se remplacer tous les ans pour assurer le bon fonctionnement d'un radar. Avec le SCANTER 5102 les coûts de maintenance sont donc réduits car il n'y a pas besoin de changer les transistors de puissance qui ne s'usent pas.
- Le SCANTER 5102 est entièrement programmable à distance. Il est possible de le programmer ainsi que de configurer des profils de fonctionnement prédéfinis.
- Le facteur de bruit est de 2,5 dB, ce qui est extrêmement faible et assure ainsi d'excellentes performances.
- La dynamique de 140 dB est très bonne. Ceci caractérise l'aptitude du radar à discriminer une variation de vidéo dans le signal reçu et permet de mieux détecter des cibles
- Le SCANTER 5102 possède des fonctions de traitement du signal intégrées apportant une grande qualité de détection et de filtrage du signal reçu.
- Ce radar possède de nombreux tests pré-intégrés et d'outils de surveillance toujours dans un souci de fiabilité maximum et de facilité de calibrage.
- Il est possible avec le SCANTER 5102 de définir des secteurs de transmission ainsi que d'ajuster la puissance d'émission dans ces secteurs. Cette fonction est particulièrement intéressante car ce nouveau radar sera installé très proche des éoliennes. Le fait d'ajuster la puissance d'émission dans le secteur où le nouveau radar verra des éoliennes est un atout majeur pour le bon fonctionnement du nouveau radar et éviter ainsi tout phénomène d'"éblouissement" ou de "désensibilisation" dans ce secteur.

#### 8.3.2 Système de balisage électronique : AtoN AIS

Un AtoN est un système d'aide à la navigation électronique qui fonctionne sur la même bande de fréquence VHF que l'AIS et par tout temps. Ce dispositif est équipé d'une antenne GPS qui permet ainsi de transmettre sa position avec une grande précision. Il fonctionne comme un transpondeur et transmet sa position sur la bande de fréquence VHF AIS à intervalles de temps régulier.

Grace à cet équipement, les navires munis d'un AIS seront en mesure de voir et de localiser précisément ce dispositif de signalisation.

Un AtoN est aussi capable de transmettre des messages sur les conditions météo ainsi que les informations sur l'état des équipements installés sur l'éolienne (comme les feux et autres balises).



Figure 32 : Exemple d'un AIS AtoN

#### 8.3.3 Système de balisage électronique : RACON

Un RACON est un système d'aide à la navigation électronique qui renvoie aux radars de navigation des informations de distance et d'angle par tout temps. Ainsi un système radar de navigation passant à proximité du RACON sera en mesure de localiser avec précision l'éolienne.

Le RACON fonctionne sur différentes bandes de fréquences radar telles que les bandes X et S. Grace à cet équipement, les navires munis d'un radar de navigation seront en mesure de voir et de localiser précisément ce dispositif de signalisation.



Figure 33: Exemple d'un RACON

## 9 Moyens de surveillance spécifiques du parc éolien de Saint-Nazaire

#### 9.1 Objectif de la surveillance maritime du parc éolien

La surveillance maritime du parc éolien en mer de Saint-Nazaire a pour objectifs principaux:

- La surveillance des opérations maritimes dans le parc,
- La sécurité de la navigation dans et au voisinage du parc éolien,
- Le suivi du personnel travaillant dans le parc,
- La surveillance du parc éolien contre les activités malveillantes ou autres activités (volontaires ou involontaires) susceptibles d'endommager les installations du parc,
- L'information des usagers naviguant dans le parc et au voisinage du parc,
- La lutte contre la pollution et plus généralement la protection de l'environnement.

Un système de Surveillance et Sécurité Maritime (SSM) fournit des outils de recueil d'informations sur la situation du trafic maritime dans la zone d'implantation du parc éolien. Ceci implique la mise en œuvre d'une gamme étendue de capteurs, et la synthèse pour l'opérateur du parc des informations recueillies.

L'objectif de ce chapitre est d'évaluer l'ensemble des moyens spécifiques nécessaires pour répondre aux objectifs de surveillance du parc éolien de Saint-Nazaire.

### 9.2 Architecture du système de surveillance

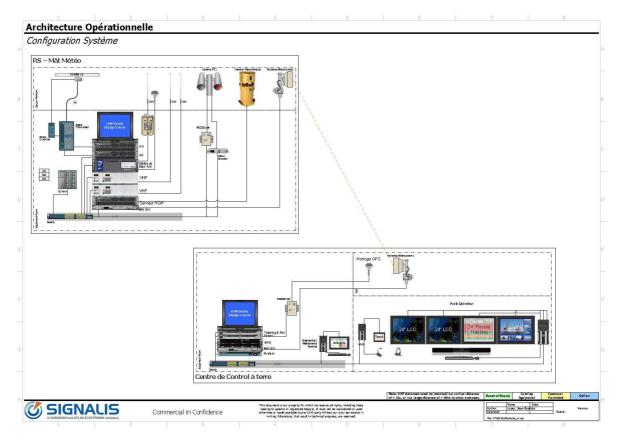


Figure 34 : Architecture Opérationnelle du système de surveillance en phase de construction et de déploiement

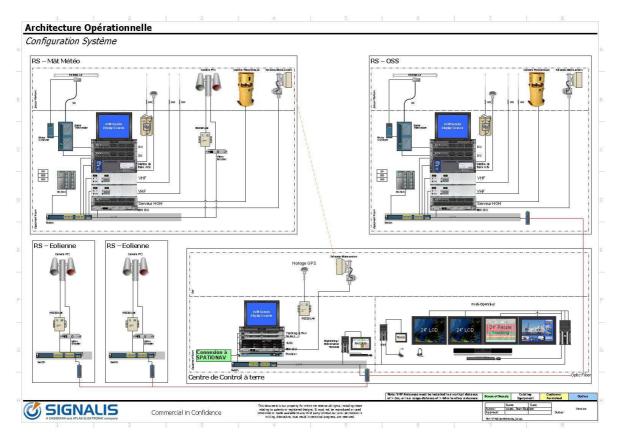


Figure 35 : Architecture Opérationnelle du système de surveillance en phase d'Exploitation

#### 9.3 Moyen de suivi du personnel (People tracking)

Au sein du parc éolien, la sécurité et la gestion du personnel est fondamentale. Il est donc primordial d'utiliser un module de suivi du personnel en mer (OPT) intégré au système Surveillance et Sécurité Maritime (SSM) à terre.

#### 9.3.1 Sous-système de suivi du personnel embarqué

La solution OPT, pour Offshore Personnel Tracking en anglais, permet de savoir en temps-réel où se situe l'ensemble du personnel embarqué présent dans le parc éolien.

Elle utilise un terminal embarqué à bord des navires de transport de personnel (crew boat en anglais) et communique avec le système à terre grâce à la VHF du bord.

Cette solution est spécialement conçue pour les exploitants d'énergie marine renouvelable. Elle ne nécessite aucune installation sur les sites en mer et est utilisable à partir du début du chantier dès la phase de construction, durant toute la phase d'exploitation et enfin jusqu'à la phase de démantèlement du parc éolien.

#### 9.3.1.1 Principe

Le système de suivi du personnel utilise les systèmes de communication maritime déjà présents à bord des navires et au centre de surveillance.

Lorsque le personnel embarque sur le navire de service ou débarque sur une éolienne, il utilise son badge d'accès pour s'identifier sur le terminal de bord.



Figure 36 : Identification à bord du navire de service

Un message référençant le navire, l'identité de la personne et le type de mouvement « embarquement » ou « débarquement » est alors envoyé au système SSM à terre. Le terminal confirme l'enregistrement et l'autorisation du mouvement au personnel.

Le system SSM traite le message et localise le personnel grâce à la position AIS du navire. Lors d'un embarquement le système enregistre que le personnel est embarqué à bord du navire. Lors d'un débarquement, le système enregistre que le technicien se trouve sur le site en mer à proximité du navire. Il met alors à jour la base de personnels. L'opérateur peut visualiser à tout moment sur son écran la position et les différentes informations concernant le personnel en mer.

Le diagramme ci-dessous représente de manière simplifiée la solution de suivi du personnel

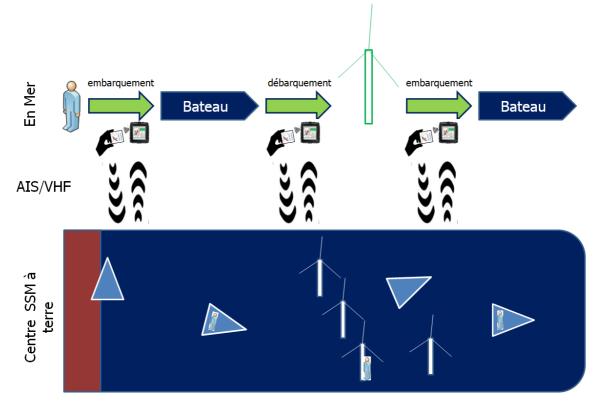


Figure 37 : Principe de fonctionnement du système OPT

#### 9.3.1.2 Le module de bord

Le module de bord utilise une tablette conçue pour l'environnement marin permettant à l'opérateur de scanner son badge d'accès. Un écran permet au technicien de vérifier l'enregistrement de sa position et son autorisation d'accès donnée par le système.



Figure 38 : Autorisation d'accès

Il s'interface aux différents systèmes d'identification de badge standard et peut donc s'adapter au badge de l'opérateur du parc éolien.

Il s'interface sur le connecteur auxiliaire d'une VHF du bord et ne nécessite pas d'ajout d'antennes supplémentaires sur les navires ou d'abonnement à un moyen de communication.

Le module de bord est conçu de manière modulaire et permet en option d'intégrer d'autres informations transmises par le système SSM telles que la position du personnel, des informations océanographiques, de sécurité...

#### 9.3.1.3 Traitement au centre de contrôle

Lorsque le système reçoit une demande d'autorisation d'accès, il vérifie que la personne effectue le mouvement planifié, a un permis de travail valide, est qualifiée, etc. et renvoie une autorisation au terminal de bord.

Le système vérifie la position du navire de transport, le code du mouvement et associe le technicien à un navire ou à un site dans la base du personnel en mer.

Le système gère un ensemble d'événements paramétrables comme un embarquement non autorisé, du personnel identifié sur site après son heure de fermeture, du personnel prévu n'ayant pas embarqué sur le bateau de transport. Ces événements peuvent générer une alarme que l'opérateur pourra traiter.

Les informations liées aux mouvements des personnes, au même titre que celui des navires, peuvent être enregistrées et réutilisées par la suite pour investigation ou analyse.

#### 9.3.1.4 Information de l'opérateur :

L'opérateur à terre du système SSM peut visualiser la position en temps-réel du personnel en mer sur l'image globale de surveillance du système SSM.

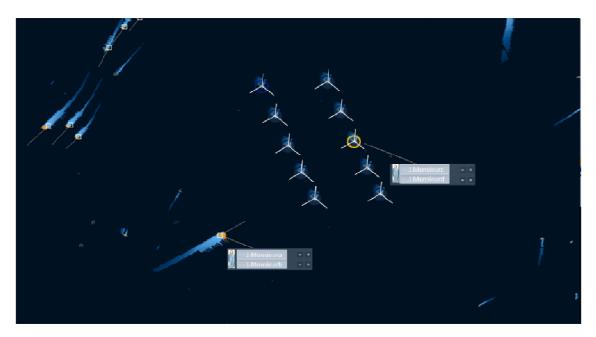


Figure 39 : Affichage sur demande des positions du personnel

L'information est aussi disponible sous forme de tables et de fiches de personnel.

#### 9.3.2 Sous-système de sécurité homme à la mer

Les activités industrielles en mer augmentent les risques d'homme à la mer ; il est possible d'améliorer les chances de survie en alertant instantanément capitaines de navire et centre de surveillance.

#### 9.3.2.1 Principe

Le personnel sera équipé de balise VHF/DSC. Cette solution utilise des messages prédéfinis standards et compatibles avec le système de détresse international GMDSS. Le message de détresse sera donc détecté par tous les navires naviguant sur la zone.

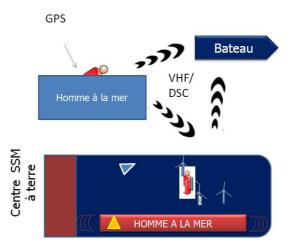


Figure 40 : Principe du module homme à la mer

#### 9.3.2.2 Équipement du personnel :

Une balise est intégrée aux équipements de sécurité du personnel ; bien que pouvant être déclenchée manuellement, elle transmet automatiquement la position GPS du porteur si celui-ci tombe à la mer.

Le signal de détresse, répété à intervalle régulier, est reçu par le centre SSM et par les navires à proximité.

#### 9.3.2.3 Information de l'opérateur :

Lors du déclenchement d'une balise, le système SSM reçoit le signal de détresse par VHF/DSC et une alarme est générée automatiquement au centre SSM et la position est affichée sur l'écran à la position exacte de l'homme à la mer.

L'homme identifié par une icône particulière est facilement identifiable



Figure 41: Affichage sur demande des positions du personnel

Les alarmes et positions d'homme à la mer, au même titre que celles concernant les navires, peuvent être enregistrées et réutilisées par la suite pour investigation ou analyse.

#### 9.3.2.4 Avantage de l'association MOB / OPT

Pendant les premières minutes du déclenchement d'une balise, la position GPS n'a pas encore été calculée et le message de détresse est envoyé sans position. Le numéro de la balise étant enregistré dans la base de suivi du personnel, le système SSM recherche automatiquement la dernière position connue.

Les alarmes et les informations de position sont relayées sur les terminaux OPT, informant automatiquement les équipages d'une situation de détresse facilitant ainsi la récupération de l'homme à la mer.

Ainsi l'association MOB / OPT fait gagner de précieuses minutes en cas d'opération de sauvetage d'homme à la mer.

#### 9.4 Moyens radars

Le dispositif est décrit au chapitre 8Erreur ! Source du renvoi introuvable. « Erreur ! Source du renvoi introuvable. ».

#### 9.5 Moyens optroniques

Pour assurer la surveillance optique du parc éolien, SIGNALIS propose d'utiliser 2 types de caméra : une caméra panoramique ainsi qu'une caméra PTZ (Pan Tilt Zoom). Chaque caméra sera connectée au centre de contrôle.

L'implantation de ces moyens devra être optimisée en fonction de la géométrie du parc éolien aux différents stades de la construction et de l'exploitation : la caméra PTZ pourrait par exemple être installée, sur l'OSS..

#### 9.5.1 Caméra panoramique (HGH VIGISCAN)

Le produit « VIGISCAN » de la société française HGH utilise de l'imagerie infrarouge thermique en bande III (8-12µm) avec un refroidissement par effet Stirling. Cet équipement n'intègre pas de voie visible couleur.

Cette caméra offre la capacité d'effectuer une surveillance panoramique permanente avec un taux de rafraichissement élevé (360° <3s). Ce produit est recommandé pour la surveillance de sites sensibles (courte/moyenne portée), notamment dès lors que le secteur d'intérêt est >90°. Le champ de vision vertical est fixe (5°, 10°, 20° selon les modèles de caméra) et l'inclinaison de la tête de la caméra est réglable/télécommandable.



Figure 42 : Caméra HGH VIGISCAN



Figure 43 : Exemple de panoramique de la caméra HGH VIGISCAN

Le tableau suivant présente les caractéristiques techniques de la caméra VIGISCAN :

Modèle	Bande	Résolut. capteur	Détecte ur	MTTF (hr)	Sensibi lité (NETD)	Pitch (µm)	Focale (mm)	WFOV	F/#	Time to image
VIGISCAN (caméra IR)	IR III 8-12µm	40000x28 8	HgCdTe FPA	10.000	35mK @25°C	N/A	-	360°	F1.7	< 7min Typ. 5min

Tableau 12 : Spécifications techniques – HGH VIGISCAN

Cette configuration est d'autant plus pertinente que couplée avec une solution de caméra PTZ pour l'identification/reconnaissance.

#### 9.5.2 Caméra jour/nuit PTZ (FLIR PT-602CZ)

La caméra PTZ est un équipement optronique monté sur tourelle (pointage azimut et élévation, et ajustement du facteur de zoom).

La configuration proposée correspond à un très bon équipement d'entrée de gamme disponible sur le marché (du segment non-militaire), combinant voie infrarouge thermique et voie couleur. La caméra qui sera intégrée au SSM est la caméra PT-602CZ du fabricant américain FLIR.



Figure 44 : Caméra FLIR PT-602CZ



Figure 45 : Exemple d'image de la caméra FLIR PT-602CZ (@3,5 km)

Le tableau suivant présente les caractéristiques techniques de la caméra FLIR PT-602CZ :

Modèle	Band e	Résolu t. capteu r	Détecteu r	MTT F (hr)	Sensibilit é (NETD)	Pitc h (µm)	Focale (mm)	WFOV	NFOV	F/#	Time to image
HRC-X (caméra IR)	IR II 3-5µm	640x480	Cooled MCT	-	-	-	88-1100	25°	2°	-	-
Sony FCB- EX1010 (caméra jour)	visible	-	1/4" HAD CCD	-	-	-	3,4-122,4	57,8°	1,7°	1.6 to 4.5	-

Tableau 13 : Spécifications techniques - FLIR PT-602CZ

#### 9.5.3 Configuration des écrans opérateurs

Le premier écran (gauche) est un écran conventionnel de situation locale montrant la zone surveillée avec tous les outils associés.

Le deuxième écran (droite) est spécifique au démonstrateur optronique et comprend :

• Une zone de visualisation du flux de la caméra PTZ,

- Une zone présentant un panoramique d'une partie de la zone surveillée (panoramique créé en utilisant la caméra PTZ),
- Une liste des détections (table des détections) avec leurs vignettes.

Ecran 1 : Zone image de trafic

Ecran 2 : Zone de travail optronique

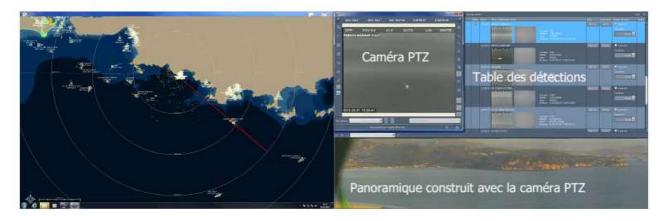


Figure 46 : Configuration des écrans

#### 9.5.4 Fonction spécifiques pour les moyens optroniques dans le parc éolien

Les fonctions listées ci-dessous seront particulièrement utiles dans le contexte opérationnel du parc éolien offshore :

- 1. Interface avec le tracker radar
  - Possibilité d'asservir la caméra PTZ sur une piste radar
- 2. Interface avec le tracker de la caméra panoramique VIGISCAN
  - Sur la base des détections de la caméra panoramique, création d'une piste associée dans l'image de trafic,
  - Synthèse avec piste radar/AIS.
- 3. Pointage de la caméra PTZ sur toutes les détections (radar/AIS + caméra panoramique)
  - Création de vignettes (IR + couleur) dans la table des détections
  - Filtrage des détections (par zone géographique d'intérêt).
- 4. Affichage de la table des détections avec vignettes (IR + couleur) de la caméra PTZ
  - La table contient toutes les pistes détectées (radar, AIS, caméra panoramique).
  - La table peut être triée. Le tri le plus intéressant semble être celui du niveau d'alerte.
- 5. Panoramique PTZ rafraichissement à la demande
- 6. Réalité augmentée dans la vidéo de la caméra PTZ
  - Fonction réalisée par le Poste Opérateur,
  - La réalité augmentée n'est pas archivée dans le flux vidéo mais peut être recrée (dans le flux vidéo) lors du rejeu.



Figure 47 : Illustration de la réalité augmentée

- 7. Video Content Analysis (VCA)
  - Machine dédiée aux traitements d'images,
  - Alerte sur détection d'un tir de fusée de détresse (analyse effectué sur la vidéo de la caméra panoramique),
- 8. Archivage de toutes les données (30 jours)

#### 9.6 Moyens radioélectriques

#### 9.6.1 Station de base/répétiteur AIS (CNS VDL6000/FASS AIS advanced)

Pour ce projet, il est proposé de choisir une station de base AIS qui :

- gère les AIS AtoN virtuels,
- possède la fonction de répéteur
- soit assez robuste pour résister à l'environnement marin.

SIGNALIS propose la station de base AIS VDL6000/FASS AIS advanced de chez CNS. Cette station de base FASS est connectée à une antenne VHF, utilisée pour transmettre et recevoir des fonctions.

Le FASS est connecté à une antenne GPS.

Le FASS comprend les sous-unités suivantes :

- Un transpondeur VDL 6000/FAS
- Une unité de contrôle
- Un convertisseur série-LAN

- Un commutateur Ethernet
- Une alimentation électrique
- Une unité de gestion de puissance pour le contrôle de l'alimentation à distance



Figure 48 : Station de base AIS VDL6000/FASS de chez CNS

Le FASS est compatible avec les normes AIS suivantes :

- IALA A-123 [1]
- IALA A-124 [2]
- ITU-R M.1371-4 [3]
- IMO MSC.74(69) Annex 3 [4]
- ITU-R M.1084-4 [5]
- IEC 61162-1 [6]
- IEC 61162-2 [7]
- IEC 62320-1 [8]
- IEC 62320-2 [9]
- IEC 61108-1 [10]

#### Redondance:

La station de base AIS sera configurée en mode redondé complet avec 2x de station de base configurés en mode veille hot-standby. Si l'une des stations de base tombe en panne, l'autre peut immédiatement prendre le relais sans interruption de service pour les utilisateurs du système AIS.

Il est proposé est d'installer cette station de base AIS sur l'OSS.

#### 9.6.2 Système de communications VHF VoIP

Le système de communication VHF sera intégré au système de Surveillance et Sécurité Maritime (SSM). L'objectif de ce système est double :

- Permettre d'assurer les communications VHF dans et au voisinage du parc éolien,
- Servir de relais aux systèmes VHF actuellement en place sur les côtes françaises. Cette fonction de relais s'appliquera uniquement sur les canaux VHF « duplex » comme les canaux 67 et 68 des CROSS par exemple. Les canaux « simplex » (comme le canal 16) ne pourront pas être relayés ; il sera donc mis en place un équipement radio dédié à l'écoute du canal 16.

SIGNALIS recommande l'utilisation des dernières technologies en matière de numérisation de la voix et de transfert : VoIP afin d'éviter l'utilisation de matériel spécial matriçage pour le mélange et la distribution audio. Le transfert des données est effectué en utilisant le réseau Ethernet et le traitement des données est effectué sur les PC clients.

Le fonctionnement du système de radio dépend des pratiques et des procédures du SSM:

- Dans certaines situations, il y a un certain nombre de radios pour un canal donné.
   L'opérateur sélectionne la radio en fonction de la voie de communication nécessaire.
   Une seule ou bien aucune radio est effectivement en train de changer le canal.
- Dans certaines situations, il y a un ensemble de radios et l'opérateur utilise plusieurs canaux de travail qui le forcent à continuer de changer de canal radio. L'opérateur a également accès à des installations de numérisation.

#### 9.6.2.1 Principe

Les émetteurs/récepteurs radios sont installés sur l'OSS. Ces radios seront connectées au réseau Ethernet disponible avec la technologie Voix sur IP (VoIP).

Chaque utilisateur est client du système VoIP. Ce client VoIP est un logiciel installé sur le Poste Opérateur connecté aux périphériques audio (écran tactile, haut-parleurs, microphone, combiné, casque, Push-to-Talk barres et boutons).

Les flux de données audio sont envoyées en utilisant le protocole de multidiffusion TCP / IP utilisant le protocole RTP (Real Time Protocol) et RTCP (Real Control Protocol Time) qui présente les avantages suivants:

- qualité garantie de transmission de la voix,
- Vitesse de sécurisation de transfert qui évite la latence de la transmission audio,
- possibilité pour les utilisateurs de radios de se connecter dynamiquement à n'importe quel point du réseau pour recevoir l'audio des radios sélectionnées.

Selon le déploiement, QoS (Quality of Service) est également activée.

#### 9.6.2.2 Fonctions du système de communication VHF

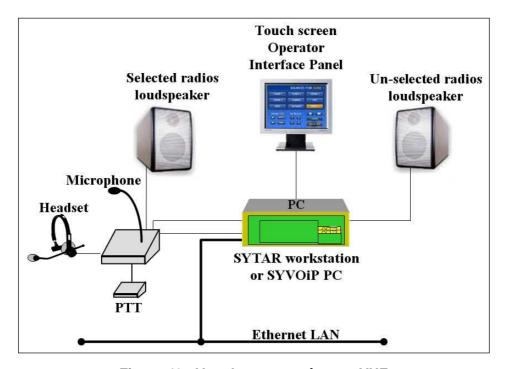


Figure 49 : Vue du poste opérateur VHF

Les fonctions proposées à l'opérateur comprennent :

- · La transmission sur une ou plusieurs radios,
- L'attribution des "radios sélectionnées" (un haut-parleur)
- L'attribution des "radios non sélectionnés" (autre haut-parleur)
- La gestion et l'activation d'une liste de scan,
- Le réglage du squelch
- Le réglage des canaux,
- Le réglage de la puissance de sortie (si disponible sur la radio),
- Le réglage du volume à la fois moniteur et poste opérateur,
- La détection de signaux Rx,
- Le rejeu instantané,
- Le contrôle continu de toutes les sources radio.

#### 9.6.2.3 La fonction enregistrement

Les flux des messages audio reçus et émis sont également directement enregistrés sur le réseau par l'enregistreur. Ces messages sont enregistrés avec d'autres sources (radios analogiques, lignes téléphoniques ...) pour une relecture synchrone sur demande de l'opérateur.

#### 9.6.2.4 Équipement radio : JOTRON TR 7750C

La radio VHF JOTRON TR 7750C est un équipement très fiable conçu pour fonctionner en milieu marin offshore.

Ces radios professionnelles sont aujourd'hui utilisées dans de nombreuses régions du monde. Elles sont extrêmement flexibles sur l'utilisation et la configuration, et s'intègrent parfaitement au système SSM.



Figure 50: JOTRON TR 7750C

Les principales spécifications techniques de cette radio sont les suivantes :

Éléments	Détails
Plage de fréquence	156-174MHz
Espacement des canaux	25kHz ou 12.5kHz
Alimentation	115/230 VAC
Température environnementale	-25°C ==> +55°C
Puissance d'émission	de 1W à 50W
Fonction DCS	Oui

Tableau 14 : Spécifications techniques - JOTRON TR-7750C

Cet équipement radio a la capacité de recevoir sur une antenne VHF et d'émettre sur une seconde permettant ainsi d'assurer la fonction relais.

#### 9.7 Centre de contrôle du parc et surveillance du parc éolien

Le Centre de Contrôle Maritime (CCM) est une installation terrestre qui assure une couverture opérationnelle et d'urgence 24 heures sur 24 pour les éoliennes, la sous-station, les navires et les équipages en mer. Le CCM sera connecté à l'ensemble des moyens de surveillance déployés dans le parc éolien (radar, AIS, caméras CCTV, capteurs météo, etc...). Seules les fonctions liées à la surveillance de ce CCM sont décrites ici

Le Coordonnateur de Service Maritime (CSM) aura une vue générale des navires dans la zone grâce à l'équipement de surveillance sur place. La localisation de toute personne autorisée et des navires associés à la construction ou à l'exploitation du parc éolien seront disponibles en permanence.

Le CSM sera responsable de la planification précise des activités de maintenance, en tenant compte des conditions météorologiques et des spécificités de tout navire impliqué. Le CSM sera chargé de la diffusion aux autorités requises de ces informations ; ainsi que de leur actualisation quotidienne pour les navigateurs dans le secteur de Saint-Nazaire.

Une liaison entre le système de surveillance du parc et le système SPATIONAV pourra être activée afin d'assurer notamment les échanges avec le CROSS.

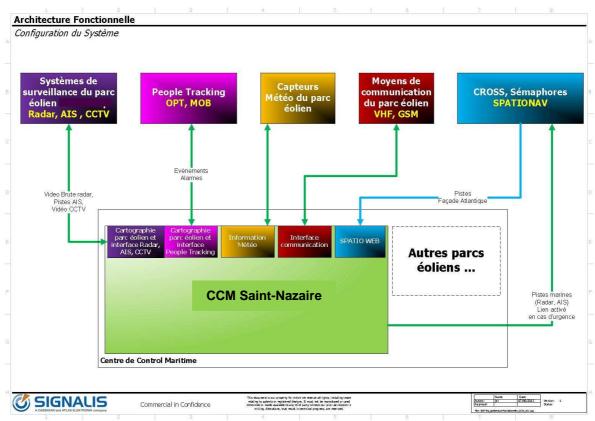


Figure 51 : Architecture fonctionnelle du Centre de Contrôle Maritime (CCM)

Afin de fournir au CCM une vue d'ensemble sur les approches maritimes dans le secteur du parc éolien, il pourra être mis en place une connexion SPATIO WEB au système SPATIONAV.

L'architecture fonctionnelle présentée est compatible avec la centralisation des opérations de surveillance maritime d'autres parcs éoliens tels que Fécamp ou Courseulles.

### 10Interface avec le système SPATIONAV

Les sites connectés au système SPATIONAV sont classés suivant la définition suivante :

- <u>Sites A</u>, hébergeant le système SPATIONAV de référence déployé dans des locaux maîtrisés :
  - par le Ministère de la Défense (FOSIT, COM, CoFGC, Gendarmerie Maritime, DGA); Pour ces sites, le réseau de support (SCM) hébergeant les services de SPATIONAV est apporté par la DIRISI (routeurs, pare-feu, switchs, ...)
  - o par des organismes dépendant d'autres ministères (Douanes, Affaires Maritimes, CETMEF,...)
- <u>Sites B</u>, hébergeant un système externe ou un capteur déporté, déployé dans des locaux non maîtrisés par du personnel étatique mais avec lesquels SPATIONAV communique sur un support de communication maîtrisé par le Ministère de la Défense
- <u>Sites C</u>, hébergeant un système externe déployé dans des locaux non maîtrisés et avec lesquels SPATIONAV communique sur un support de communication ouvert (Internet)

## Il est proposé que les 2 nouveaux sites radar sur l'éolienne offshore A01 et l'OSS soient répertoriés comme des sites de catégorie B.

En tant que site B, les nouveaux radars pourront échanger des données avec le réseau SPATIONAV sans trop de latence. Ceci impose toutefois une certaine sécurisation des shelters et des baies dans lesquels seront installés les équipements réseaux et coffrets de numérisation radar.

L'interconnexion au système SPATIONAV impose que toute liaison entre le système SPATIONAV et un système extérieur au périmètre de confiance soit protégée :

- contre l'intrusion depuis le système externe non sûr considéré,
- contre l'atteinte à la disponibilité du système SPATIONAV depuis le système externe considéré,
- contre tout échange de type de flux non autorisé entre le système SPATIONAV et le système externe,
- contre les accès distants aux services SPATIONAV depuis l'extérieur sauf si des mesures spécifiques approuvées sont mises en place.

Les éoliennes doivent ainsi s'interconnecter avec un site de catégorie A tel que les sémaphores par exemple.

L'interconnexion d'un site de catégorie B à un site de catégorie A, au moyen d'un support de communication maîtrisé par le Ministère de la Défense, offre la capacité d'opérer des sous-systèmes de capteurs déployés sur des sites dont les locaux ne sont pas maîtrisés.

La figure ci-dessous modélise la solution proposée par SIGNALIS pour l'interconnexion d'un site de catégorie A (comme un sémaphore par exemple) avec un site de catégorie B (les éoliennes):

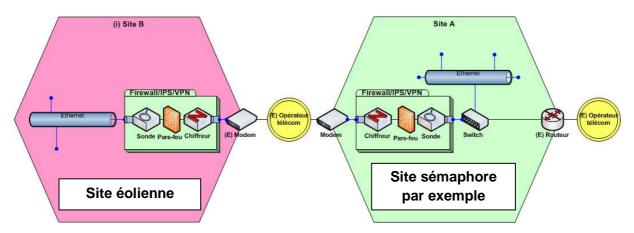


Figure 52 : Interconnexion site A - site B (éolienne) dans l'architecture réseau du système SPATIONAV

Un équipement Pare-feu / IPS / VPN est utilisé à chaque extrémité d'une liaison entre un site de type B et un site de type A. L'équipement proposé est un NETASQ U70 version 8 qui est qualifié au niveau standard pour les fonctions de chiffrement IP et de pare-feu. Cet équipement est un UTM (Unified Threat Management), qui permet de traiter les menaces de manière unifiée et donc de proposer une solution "tout en un", en alliant les fonctions suivantes :

- pare-feu,
- sonde préventive,
- chiffrement.

La fonction VPN IPSec, en mode tunnel, intègre une fonction d'authentification des extrémités avec un algorithme standard combiné à l'utilisation de certificats X.509/v3. Cette fonction sera implémentée en s'appuyant sur des certificats fournis par une autorité de certification hors ligne de type NETASQ U120 et sa station d'administration.

Le canal créé par cette fonction protège en intégrité et en confidentialité la liaison mise à disposition par l'Administration. L'équipement NETASQ, lorsque le VPN est activé, dispose d'une fonction de protection contre le rejeu au sens protocolaire et permet une remontée d'alerte vers les administrateurs sécurité.

L'architecture matérielle d'un site radar (éolienne) peut être matérialisée par la figure cidessous :

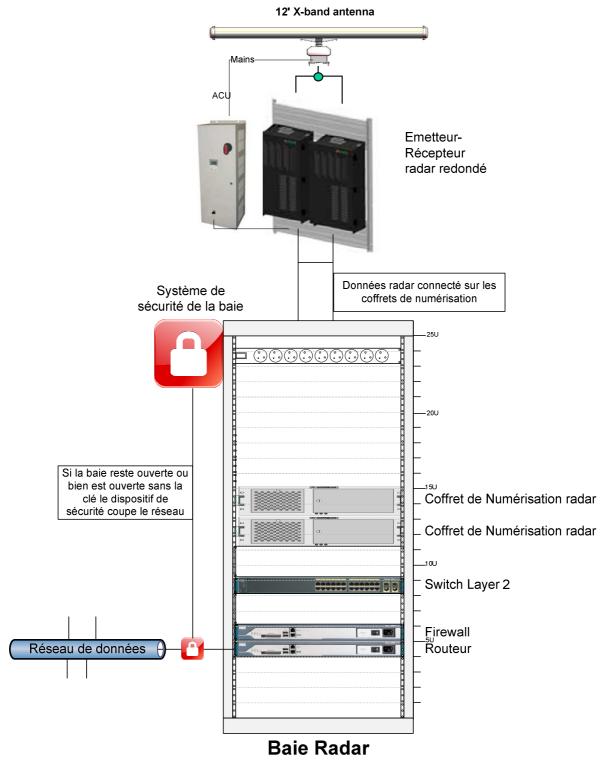


Figure 53 : Architecture du système radar proposé pour les sites offshore

Sur la Figure 53, on peut noter que certaines hypothèses permettant une fiabilité globale optimum du système sont implicitement prises en compte :

- configuration du radar : deux émetteur/récepteur (redondance du radar),
- redondance également au niveau du coffret de numérisation SIGNALIS,
- existence d'un système d'alimentation électrique secourue (UPS).

# 11 Estimation du coût des moyens de surveillance spécifiques du parc éolien

À titre indicatif, ce chapitre présente une <u>évaluation préliminaire</u> du coût de déploiement et de maintenance des systèmes envisagés.

Le coût total estimé pour l'ensemble des mesures envisagées est de l'ordre de 2 millions d'euros HT. Ce coût sera réévalué lors des appels d'offres qui seront lancés ultérieurement

Ce coût inclut les installations et équipements suivants :

Installation à terre : Centre de contrôle provisoire (phase de mesure, de construction et de déploiement) :

- l'approvisionnement d'un shelter climatisé, préinstallé avec les serveurs et postes opérateur et réseaux,
- Antenne de réception du faisceau micro-ondes,
- l'approvisionnement d'un système de people tracking
- l'approvisionnement de 2 postes opérateurs,
- l'approvisionnement de 2 serveurs (en mode redondé) pour assurer le pistage radar, AIS, CCTV, hoster le système « people tracking » et l'enregistrement des données.

#### Installation sur l'OSS:

- l'approvisionnement de 1 émetteur-récepteur radar redondé TERMA,
- l'approvisionnement de 1 antenne radar 12 pieds TERMA,
- l'approvisionnement de 2 coffrets de numérisation SIGNALIS (en mode redondé),
- l'approvisionnement d'une caméra panoramique (IR) HGH VigiScan,
- l'approvisionnement d'équipement réseaux,
- les installations des équipements se feront à terre sur le site d'assemblage, la mise en service se fera une fois le mât météo installé en mer.

#### Installation sur les éoliennes :

- l'approvisionnement d'une bouée de signalisation maritime munie d'un réflecteur radar, d'un feu de signalisation et d'un ensemble batterie/panneaux solaire,
- l'approvisionnement de 2 aides à la navigation type RACON,
- l'approvisionnement de 4 aides à la navigation type AIS AtoN (type 1),
- l'installation et la mise en service des aides à la navigation.
- les installations des équipements se feront à terre sur le site d'assemblage, la mise en service se fera une fois installé en mer.

#### Installation sur l'éolienne A01 :

- l'approvisionnement de 1 émetteur-récepteur radar redondé TERMA,
- l'approvisionnement de 1 antenne radar 12 pieds TERMA,
- l'approvisionnement d'un faisceau micro-ondes pour le transfert des données à terre,
- l'approvisionnement de 2 coffrets de numérisation SIGNALIS (en mode redondé),

#### Installation à terre : Centre de contrôle maritime final (phase opérationnelle) :

- transfert des équipements du centre de control provisoire au centre de contrôle définitif (serveurs, postes opérateurs, etc),
- interface du système de surveillance du parc éolien avec le système SPATIONAV,
- installation de SPATIOWEB,
- la documentation,
- la formation des personnels opérateurs.

#### Installations sur le mât météo :

- l'approvisionnement d'un shelter climatisé, préinstallé avec les senseurs de surveillance maritime et réseaux,
- l'approvisionnement d'une station de base AIS,
- l'approvisionnement d'une caméra jour/nuit PTZ (FLIR PT-602CZ),
- l'approvisionnement de 4 radios VHF (2x en mode répéteur canaux 67 et 68 ; 1x pour le canal 16 et le DSC, 1x pour le canal de travail du parc éolien),
- l'installation et la mise en service d'1 radar, d'une station de base AIS, VHF, caméra,
- les installations des équipements se feront à terre sur le site d'assemblage, la mise en service se fera une fois le mât météo installé en mer.

(si le mat n'était pas installé, ces équipements seraient installés sur d'autres composants du parc, OSS ou éoliennes).

#### Ce coût ne comprend pas :

- l'installation de la bouée de signalisation en mer,
- l'accès à une alimentation électrique sur l'OSS, les éoliennes,
- l'accès au réseau de données (OSS et éoliennes).

Le coût de	la maintenan	ice annuelle	de ce	système	radar	est	estimé	à enviro	n 200	000	€
hors taxes (	prix 2013)										

Il inclut :			

- 1 visite préventive annuelle sur chacun des sites radar, cette visite pourra être synchronisée avec les visites de l'éolienne,
- les pièces de rechange,
- la maintenance corrective :
  - o par le biais de la hotline (heures ouvrées)
  - o par intervention sur site (moyens de transport mis à disposition par l'opérateur du parc éolien),
- l'établissement d'un rapport écrit d'intervention pour les visites de maintenance préventives et correctives,
- la gestion et comptabilisation des faits techniques,
- la gestion des lots de rechanges.

Il n'inclut pas le transport du personnel sur les sites offshore.

### 12Bilan et conclusions

Cette étude préliminaire a permis de mettre en évidence les impacts potentiels sur les systèmes de surveillance existants de l'implantation d'un parc éolien au large de Saint-Nazaire, qui se caractérisent principalement par :

- la réduction de la couverture et de la qualité de la surveillance par les radars terrestres (notamment les radars des sémaphores couvrant la zone)
- des perturbations des informations issues des radars embarqués.

Des mesures ont été proposées pour réduire ces impacts :

- nouveaux réglages des radars ou des dispositifs d'acquisition
- installation à proximité du parc d'une bouée de réglage des radars de navigation
- formation des opérateurs du parc

Tous les impacts ne pouvant être annulés seulement par des <u>mesures de réduction</u> relatives aux systèmes existants (que ce soit par des réglages nouveaux, ou par l'utilisation combinée des informations existantes), des <u>mesures de compensation</u> supplémentaires ont été étudiés, comprenant notamment :

- l'implantation de radars sur la station de transformation ;
- l'implantation de radars fixes sur une éolienne du parc;
- l'implantation de moyens radioélectriques complétant le balisage réglementaire (AIS AtoN, RACON.

Il est proposé que ces moyens soient interconnectés au système SPATIONAV, complétant ainsi de manière transparente les systèmes existants

Par ailleurs, un <u>dispositif spécifique de surveillance</u> destiné aux opérations du parc sera mis en place ; il comprendra notamment des moyens optroniques (caméras visible et infrarouge), des moyens de suivi du personnel et des moyens de télécommunication.

Au bilan, il est possible de conclure que cet ensemble de moyens s'ajoutant aux moyens de surveillance existants non seulement préservera les capacités de surveillance existantes, mais au-delà garantira une meilleure surveillance maritime dans la zone du parc éolien et à ses abords.

### 13 Documents de référence

- [R1] Manuel Qualité Référence SIGNALIS N°001468 02 Indice 10.
- [R2] Rapport de la CCE5 n°3: Perturbations du fonctionnement des radars fixes maritimes, fluviaux et portuaires par les éoliennes Version 1 du 26/02/2008.
- [R3] Kentish Flats Radar Study BWEA Examining the effect of offshore wind farms on radar navigation.
- [R4] Données Trafic Maritime NASS & WIND OFFSHORE PBG\_27-09-2011.
- [R5] Position des éoliennes du projet du Parc Eolien Offshore de Saint-Nazaire Document SNA\_Layout\_References.pdf du 12/02/2013.
- [R6] Bulletin officiel des Armées, circulaire 27814, Instruction n° 284/DEF/EMM/ORJ relative aux missions et à l'organisation des sémaphores de la Marine Nationale 13/01/2009.
- [R7] Etude de recensement des moyens de surveillance et des modalités d'intervention opérationnelles existants dans le secteur de Saint-Nazaire Référence SIGNALIS N°006342 07 Révision 2 14/10/2011.
- [R8] La recommandation O-139 sur "La signalisation des structures artificielles en mer" édition 1 de l'AISM Décembre 2008.
- [R9] Etude d'impact et mesures compensatoires sur la sécurité et la sureté maritime relatif au développement du projet de parc éolien au large de Saint-Nazaire » ref : n°006343 07 révision 01 du 10/10/2011.
- [R10] Results of the electromagnetic investigations and assessments of marine radar, communications and positioning systems undertaken at the North Hoyle wind farm by QinetiQ and the Maritime and Coastguard Agency Reference: QUINETIQ/03/00297/1/1 Reference: MCA MNA 53/10/366 22/11/2004.

# 14Liste des figures et des tableaux

Figure 1 : Position des radars fixes de surveillance maritime au voisinage du futur parc éolien de Saint-Nazaire10
Figure 2 : Couverture radar actuelle des sémaphores dans le secteur de Saint-Nazaire11
Figure 3 : Couverture actuelle des radars du GPMNSN12
Figure 4 : Couverture AIS globale actuelle dans le secteur de Saint-Nazaire14
Figure 5 : Capture d'écran de l'interface utilisateur du système SPATIONAV20
Figure 6 : Principe de gestion de la situation du trafic maritime locale élargie du système
SPATIONAV22
Figure 7 : Représentation générale du système SPATIONAV23
Figure 8 : Architecture opérationnelle de SPATIONAV24
Figure 9 : Vue de l'agencement du projet éolien de Saint-Nazaire26
Figure 10 : Simulation de l'effet d'ombre généré par beau temps par le parc éolien sur la couverture de l'ensemble des radars impactés32
Figure 11 : Création de faux échos par émission/réception au travers des lobes secondaires de l'antenne radar
Figure 12 : Image radar avec de faux échos créés par les lobes secondaires de l'antenne radar
Figure 13 : Couverture impactée du radar du Mindin36
Figure 14 : Schéma représentatif de la zone potentielle d'apparition des réflexions/faux échos pour le radar de Chemoulin
Figure 15 : Schéma représentatif de la zone potentielle d'apparition des réflexions/faux échos radar pour le radar de Chemoulin, superposée aux couvertures radar de Piriac et de l'Herbaudière
Figure 16 : Schéma représentatif de la zone potentielle d'apparition des réflexions/faux échos radar pour le radar de l'Herbaudière
Figure 17 : Position du parc éolien par rapport aux chenaux d'approches du GPMNSN45 Figure 18 : Exemple d'antenne radio goniométrique VHF47
Figure 19 : Atténuation en dB du signal VHF/goniomètre en aller simple derrière un mât d'éolienne de 7m de diamètre
Figure 20 : Erreur angulaire (en°) d'un goniomètre en fonction de la distance bateau-éolienne en km50
Figure 21 : Zone d'inhibition de création automatique de pistes pour les radars de Piriac, Chemoulin et de l'Herbaudière
Figure 22 : Recommandation pour l'implantation de RACON et d'AtoN (AIS)54
Figure 23 : Exemple d'installation radar sur la fondation d'une éolienne. Site radar de Gunfleet Sands, UK. Radar connecté au système VTS de PLA par SIGNALIS56
Figure 24 : Simulation de couverture radar avec un radar supplémentaire sur l'éolienne A0157
Figure 25 : Couverture du radar supplémentaire sur l'éolienne A01 du parc éolien offshore de
Saint-Nazaire58

Figure 26 : Exemple d'installation radar sur une OSS. Parc éolien de Horns Rev au	
Figure 27 : Simulation de couverture radar avec un radar supplémentaire sur l'OSS	
Figure 28 : Simulation de couverture radar avec un radar supplémentaire sur l'éolie	enne A01 et
Figure 29 : Simulation de couverture radar globale avec un radar supplémentaire s	ur l'éolienne 61
Figure 30 : Architecture opérationnelle du système SPATIONAV avec les d supplémentaires installés sur les éoliennes A01 et OSS	
Figure 31 : Radar TERMA SCANTER 5102 50W "downmast" à état solide avec une 12 pieds	
Figure 32 : Exemple d'un AIS AtoN	67
Figure 33 : Exemple d'un RACON	67
Figure 34 : Architecture Opérationnelle du système de surveillance en phase de cor	nstruction et
de déploiement	69
Figure 35 : Architecture Opérationnelle du système de surveillance en phase d'Explo	
Figure 36 : Identification à bord du navire de service	
Figure 37 : Principe de fonctionnement du système OPT	
Figure 38 : Autorisation d'accès	72
Figure 39 : Affichage sur demande des positions du personnel	74
Figure 40 : Principe du module homme à la mer	75
Figure 41: Affichage sur demande des positions du personnel	
Figure 48 : Caméra HGH VIGISCAN	77
Figure 49 : Exemple de panoramique de la caméra HGH VIGISCAN	77
Figure 50 : Caméra FLIR PT-602CZ	
Figure 51 : Exemple d'image de la caméra FLIR PT-602CZ (@3,5 km)	79
Figure 52 : Configuration des écrans	80
Figure 53 : Illustration de la réalité augmentée	82
Figure 54: Station de base AIS VDL6000/FASS de chez CNS	83
Figure 55 : Vue du poste opérateur VHF	
Figure 56: JOTRON TR 7750C	86
Figure 57 : Architecture fonctionnelle du Centre de Contrôle Maritime (CCM)	88
Figure 58 : Interconnexion site A - site B (éolienne) dans l'architecture réseau	du système
SPATIONAV	
Figure 59 : Architecture du système radar proposé pour les sites offshore	91
Figure 60 : Couverture radar actuelle dans le secteur de Saint-Nazaire -	Radar des
Sémaphores de Saint-Julien, du Talut et de Saint Sauveur	104
Figure 61 : Couverture radar actuelle dans le secteur de Saint-Nazaire -	Radar des
Sémaphores de Piriac, de Chemoulin, Radar du Mindin et de l'Herbaudière	105
Figure 62 : Couverture radar simulée pour des cibles moyennes (1 000m², 10m)	des radars
impactés : Sémaphores de Piriac et Chemoulin, radar du Mindin et de l'Herbaudière.	106

Figure 63: Couverture radar simulée pour des cibles moyennes (1 000m², 10m) des radars
impactés : Sémaphores de Piriac et de Chemoulin, Radar du Mindin et de l'Herbaudière - Zoom
sur le parc éolien107
Figure 64 : Couverture radar simulée pour des cibles moyennes (1 000m², 10m) du radar du
Sémaphore de Piriac108
Figure 65 : Couverture radar simulée pour des cibles moyennes (1 000m², 10m) du radar du
Sémaphore de Chemoulin109
Figure 66 : Couverture radar simulée pour des cibles moyennes (1 000m², 10m) du radar du
Mindin110
Figure 67 : Couverture radar simulée pour des cibles moyennes (1 000m², 10m) du radar de
l'Herbaudière111
Figure 68 : Couverture radar simulée pour l'ajout d'un radar sur l'éolienne 80112
Figure 69 : Couverture radar simulée pour l'ajout d'un radar sur l'OSS112
Figure 70 : Couverture radar simulée combinée des radars sur l'éolienne 80 et sur l'OSS113
Figure 71 : Couverture radar simulée de l'ensemble des radars maritimes dans le secteur de
Saint-Nazaire combinée avec les nouveaux radars sur l'éolienne 80 et sur l'OSS114

### **TABLEAUX**

Tableau 1 : Liste des radars fixes de surveillance maritime dans le secteur de Sain	t-Nazaire 9
Tableau 2: Liste des moyens terrestres de surveillance optique du trafic mari	itime dans le
secteur de Saint-Nazaire	13
Tableau 3 : Liste des stations de base AIS à terre dans le secteur de Saint-Nazaire	13
Tableau 4 - Moyens de communication maritime dans le secteur de Saint-Nazaire.	17
Tableau 5 : Liste des moyens aériens dans le secteur de Saint-Nazaire	18
Tableau 6 : Liste des moyens nautiques dans le secteur de Saint-Nazaire	19
Tableau 7 : Simulation de l'effet d'ombre généré par le parc éolien sur la couvertur	e du radar de
Piriac par beau temps	28
Tableau 8 : Simulation de l'effet d'ombre généré par le parc éolien sur la couvertur	
Chemoulin par beau temps	29
Tableau 9 : Simulation de l'effet d'ombre généré par le parc éolien sur la couvertur	e du radar du
Mindin par beau temps	30
Tableau 10 : Simulation de l'effet d'ombre généré par le parc éolien sur la couver	ture du radar
de l'Herbaudière par beau temps	31
Tableau 11 : Caractéristiques techniques du radar TERMA SCANTER 5102, 50W	
état-solide et de l'antenne TERMA 12 pieds	
Tableau 12 : Spécifications techniques – HGH VIGISCAN	78
Tableau 13 : Spécifications techniques – FLIR PT-602CZ	
Tableau 14 : Spécifications techniques – JOTRON TR-7750C	
Tableau 15 : Modèles de réflexion et type de performances	103

# **15ANNEXES**

### **TABLE DES ANNEXES**

ANNEXE 1.	Caractéristiques IALA des cibles radar	.103
ANNEXE 2.	Couvertures radar actuelles	.104
ANNEXE 3.	Simulation de couverture des radars existants avec le parc éolien.	.106
ANNEXE 4.	Simulation de couverture radar des moyens de compensation	.112

#### ANNEXE 1. CARACTERISTIQUES IALA DES CIBLES RADAR.

TARGET		Тур	oe of Capa	bility	Design Requirements			
		Basic	Standar	Advance d	Radar cross section		Height of	
					S-band	X-band	Target	
1	Aids to Navigation etc. – without radar reflector. Small open boats, fibreglass, wood or rubber with outboard motor and at least 4 meters long, small speedboats, small fishing vessels, small sailing boats and the like.			X		1 m <sup>2</sup>	1 m ASL	
2	Inshore fishing vessels, sailing boats, speedboats and the like.			х		3 m <sup>2</sup>	2 m ASL	
3	Aids to Navigation with radar reflector.		Х	X	4 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>	3 m ASL	
4	Small metal ships, fishing vessels, patrol vessels and the like.	Х	х	х	40 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>	5 m ASL	
5	Coasters and the like.	Х	х	Х	400 m <sup>2</sup>	1,000 m <sup>2</sup>	8 m ASL	
6	Large coasters, bulk carriers, cargo ships and the like.	Х	х	х	4,000 m <sup>2</sup>	10,000 m <sup>2</sup>	12 m ASL	
7	Container carriers, tankers etc.	Х	х	Х	40,000 m <sup>2</sup>	100,000 m <sup>2</sup>	18 m ASL	

Note: The figures in the above table are typical examples and as an average only.

Tableau 15 : Modèles de réflexion et type de performances

Tableau IALA tiré du document « IALA Recommendation V-128 On Operational and Technical Performance Requirement for VTS Equipment » Edition 3.0 June 2007

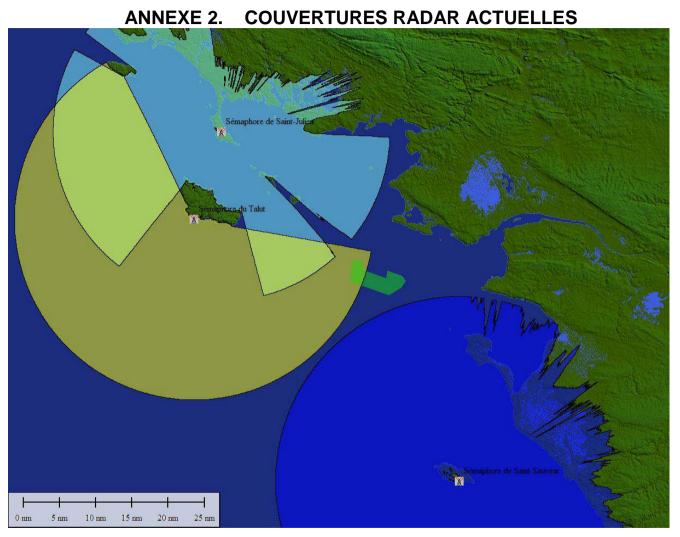


Figure 54 : Couverture radar actuelle dans le secteur de Saint-Nazaire - Radar des Sémaphores de Saint-Julien, du Talut et de Saint Sauveur

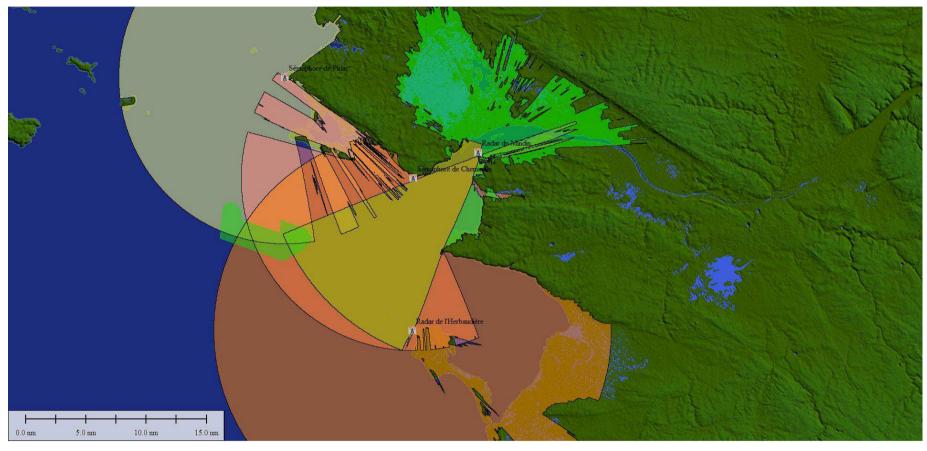


Figure 55 : Couverture radar actuelle dans le secteur de Saint-Nazaire - Radar des Sémaphores de Piriac, de Chemoulin, Radar du Mindin et de l'Herbaudière

### ANNEXE 3. SIMULATION DE COUVERTURE DES RADARS EXISTANTS AVEC LE PARC EOLIEN

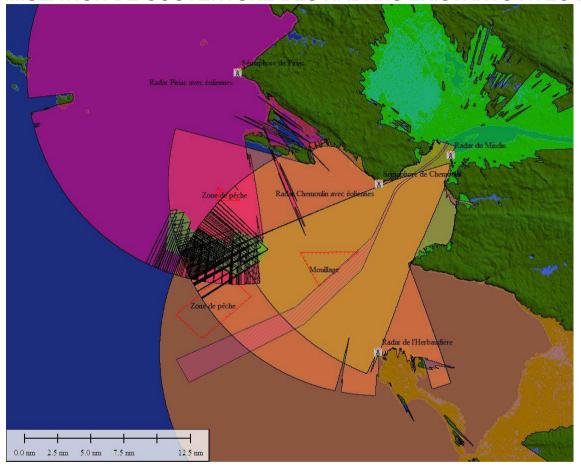


Figure 56 : Couverture radar simulée pour des cibles moyennes (1 000m², 10m) des radars impactés : Sémaphores de Piriac et Chemoulin, radar du Mindin et de l'Herbaudière

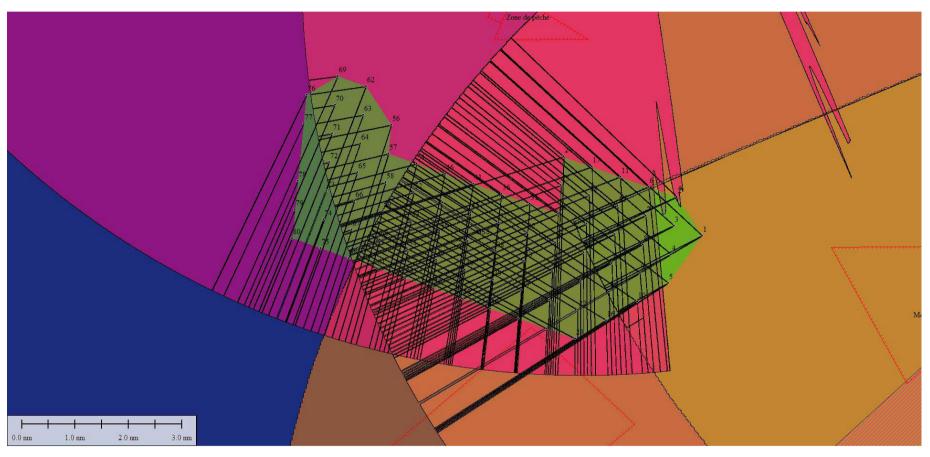


Figure 57 : Couverture radar simulée pour des cibles moyennes (1 000m², 10m) des radars impactés : Sémaphores de Piriac et de Chemoulin, Radar du Mindin et de l'Herbaudière - Zoom sur le parc éolien

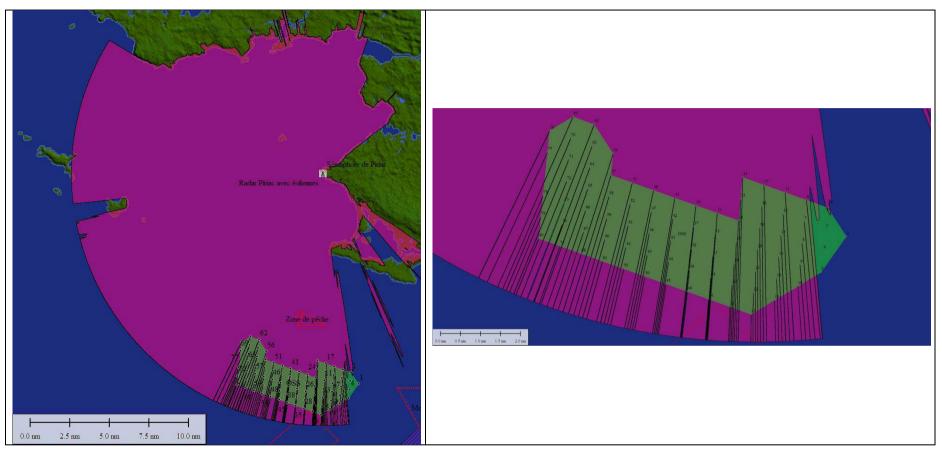


Figure 58 : Couverture radar simulée pour des cibles moyennes (1 000m², 10m) du radar du Sémaphore de Piriac

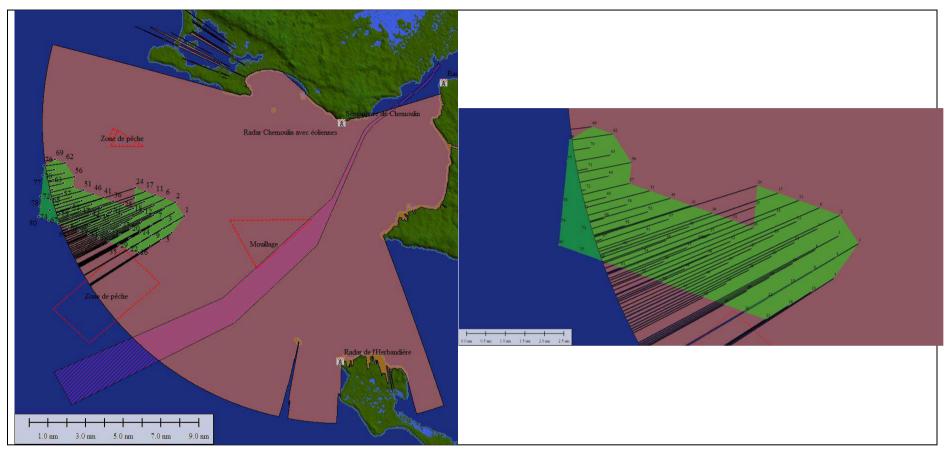


Figure 59 : Couverture radar simulée pour des cibles moyennes (1 000m², 10m) du radar du Sémaphore de Chemoulin

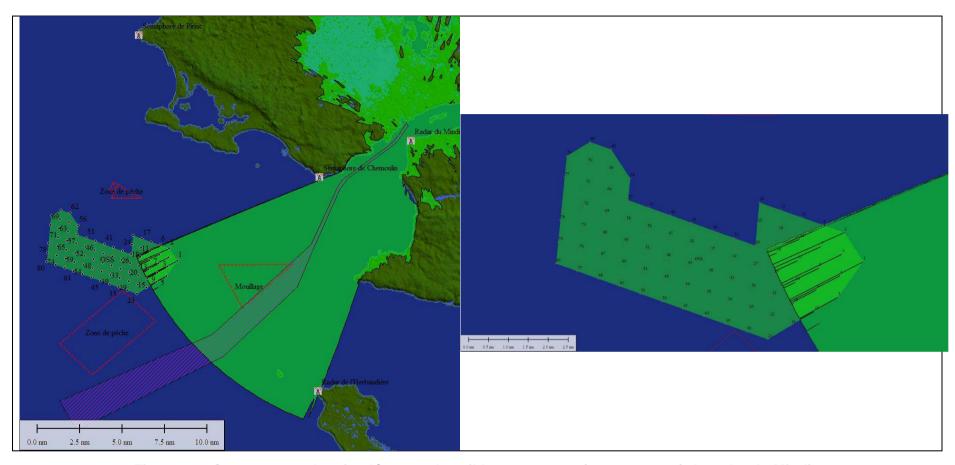


Figure 60 : Couverture radar simulée pour des cibles moyennes (1 000m², 10m) du radar du Mindin

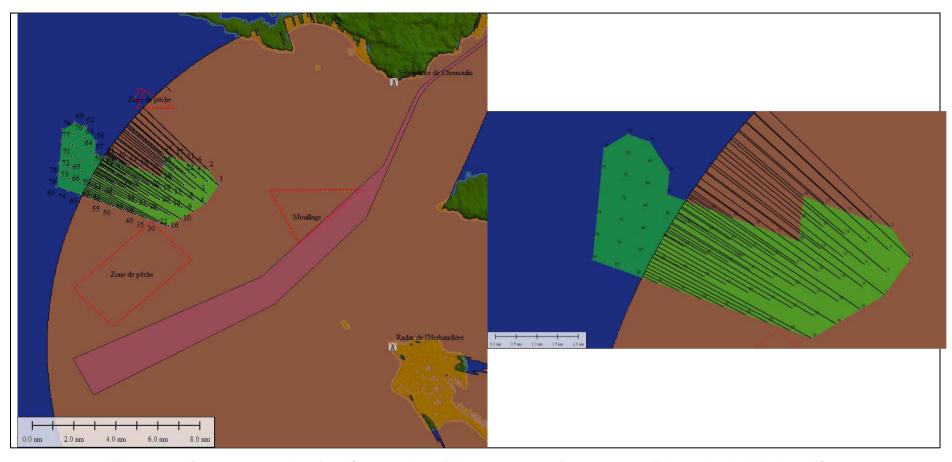


Figure 61 : Couverture radar simulée pour des cibles moyennes (1 000m², 10m) du radar de l'Herbaudière

### ANNEXE 4. SIMULATION DE COUVERTURE RADAR DES MOYENS DE COMPENSATION

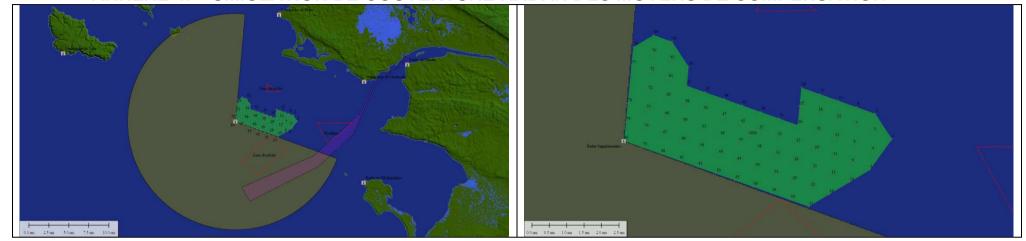


Figure 62 : Couverture radar simulée pour l'ajout d'un radar sur l'éolienne 80

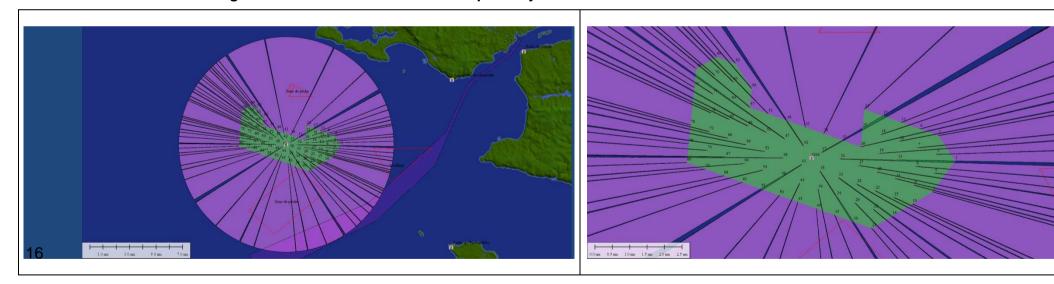


Figure 63 : Couverture radar simulée pour l'ajout d'un radar sur l'OSS

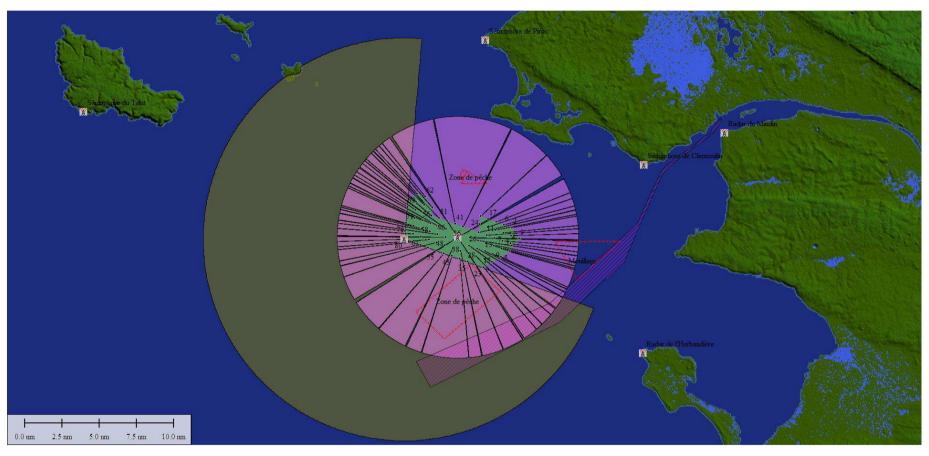


Figure 64 : Couverture radar simulée combinée des radars sur l'éolienne 80 et sur l'OSS

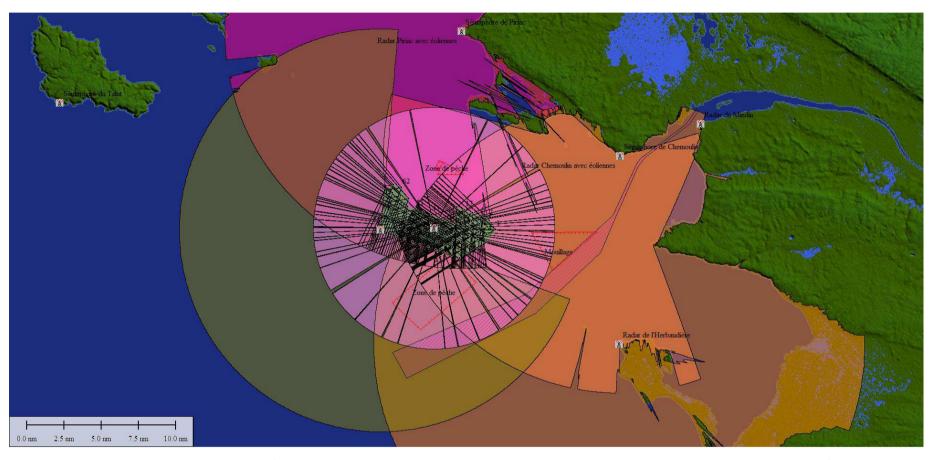


Figure 65 : Couverture radar simulée de l'ensemble des radars maritimes dans le secteur de Saint-Nazaire combinée avec les nouveaux radars sur l'éolienne 80 et sur l'OSS