

# Problématique de la cohabitation des éoliennes avec les radars et autres systèmes de radionavigation maritimes et fluviaux ( DGPS et Goniomètres)

Mohamed ABEDRABOU

Centre d'Etudes Techniques Maritimes et Fluviales

MEDAD

## Objet de la présentation

**Cette présentation a pour objet d'exposer la nature des perturbations tolérables générées par une présence de parcs d'éoliennes autour d'équipements électromagnétiques exploités pour la sécurité de la navigation maritime et fluviale.**

**Pour arriver aux résultats suivants, l'Administration des Ports et Navigation Maritime et fluviale (PNM) a fait réaliser une étude spécifique par l'ONERA.**

**Les équipements d'aide à la navigation concernés sont :**

- \* les radars des CROSS, des Ports et des Voies Navigables,**
- \* les goniomètres en bande VHF,**
- \* le GPS Différentiel (DGPS) en bande 300 KHz**

# Natures des équipements

**Pour les radars, il s'agit :**

- \* de radars sol/surface avec des angles de visée très proches de l'horizontale. Le domaine exclusif d'intérêt est la surface de la mer ou de la voie navigable,**
- \* de radars dont le segment « traitement du signal » ne comporte pas d'analyse doppler, ni VCM,**
- \* de radars avec un domaine angulaire des antennes fin en azimut (environ  $0,3^\circ$ ) et large en site  $15^\circ$  à  $30^\circ$  environ) .**

# Natures des équipements

## Systeme de goniométrie :

Les goniomètres utilisés par les services dans les situations de crise fonctionnent dans la bande VHF exploitée par les mobiles maritimes (autour de 160 MHz). La précision de la localisation en angle est de  $0,3^\circ$ .

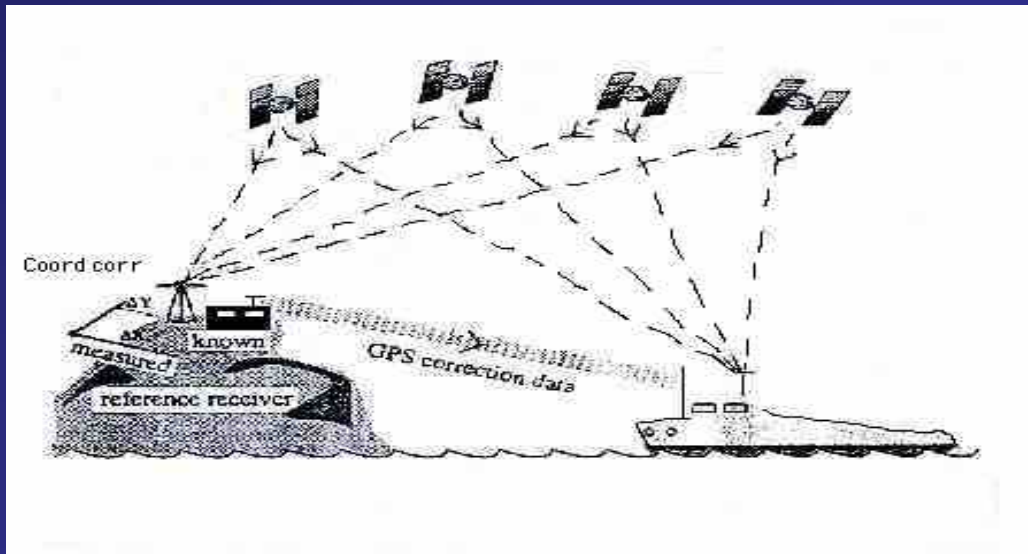


# Natures des équipements

## DGPS :

Un émetteur (fréquence : environ 300 kHz) placé à proximité du récepteur GPS de référence émet en permanence les coordonnées d'un vecteur de correction avec un débit d'environ 100 bauds.

Le navire situé dans la zone de couverture de l'émetteur, élabore sa propre position avec son récepteur GPS et corrige cette position avec le vecteur de correction émis par la station de base permettant ainsi d'améliorer la précision de sa position.



# Type d'éolienne prise pour l'étude

Les caractéristiques des éoliennes prises en considération lors de cette étude (certaines sont en cours de déploiement en Allemagne, en Ecosse et en Belgique) sont :

- \* hauteur axe rotor : 90 à 100 m (mer) - 100 à 120 m (terre)
- \* diamètre rotor : 126 m ,
- \* longueur de pale: 61,5 m,
- \* corde maximale de la pale : 4,6 m,
- \* diamètre du mât : 7m à la base
- \* SER mât = 100 000 m<sup>2</sup> à 10 km et H.radar = 50 m.





## Effets sur les radars

- \* l'angle de visé impérativement proche de l'horizontal rend inévitable la confusion de lieu entre les cibles (bateaux) et l'éolienne,
- \* l'absence d'analyse doppler et de VCM dans le traitement du signal font que la rotation du rotor ne provoque pas de brouillage,
- \* la finesse de l'azimut du domaine angulaire fait que les effets d'une seule éolienne (ou d'une rangée) seront séparément pris en considération.



# Perturbations relevées sur les radars

**Masquage des cibles placées derrière les éoliennes :**

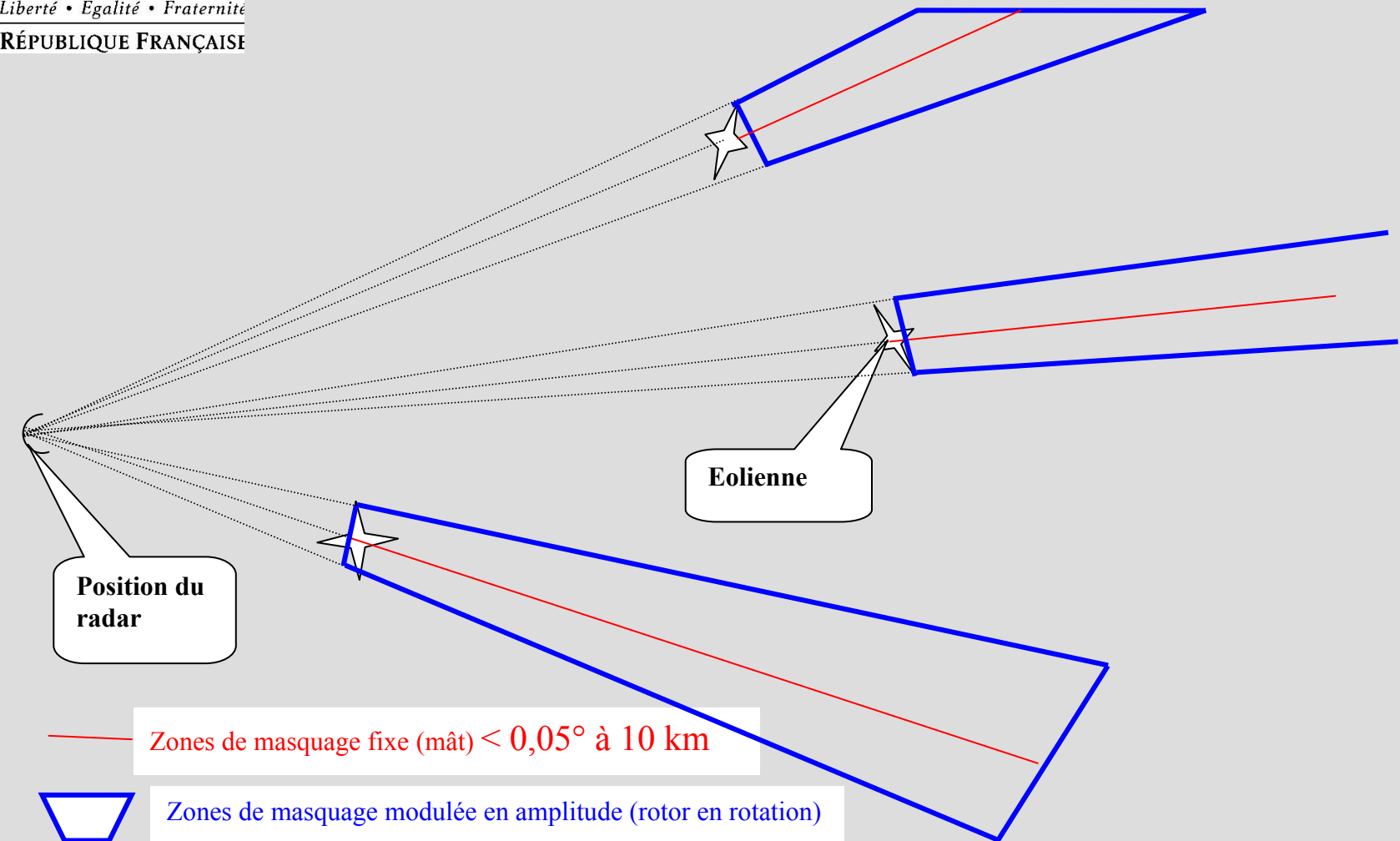
- \* *masquage par le mât,*
- \* *masquage par les pales est faible : atténuation en moyenne 0.3 dB en aller et retour.*

**Apparition de cibles parasites liée au fort écho de l'éolienne :**

- \* *pénétrant par les lobe secondaires de l'antenne (décalage angulaire)*
- \* *multitrajets (décalage principalement temporel).*

**Conséquence : aveuglement local du radar autour de l'éolienne**

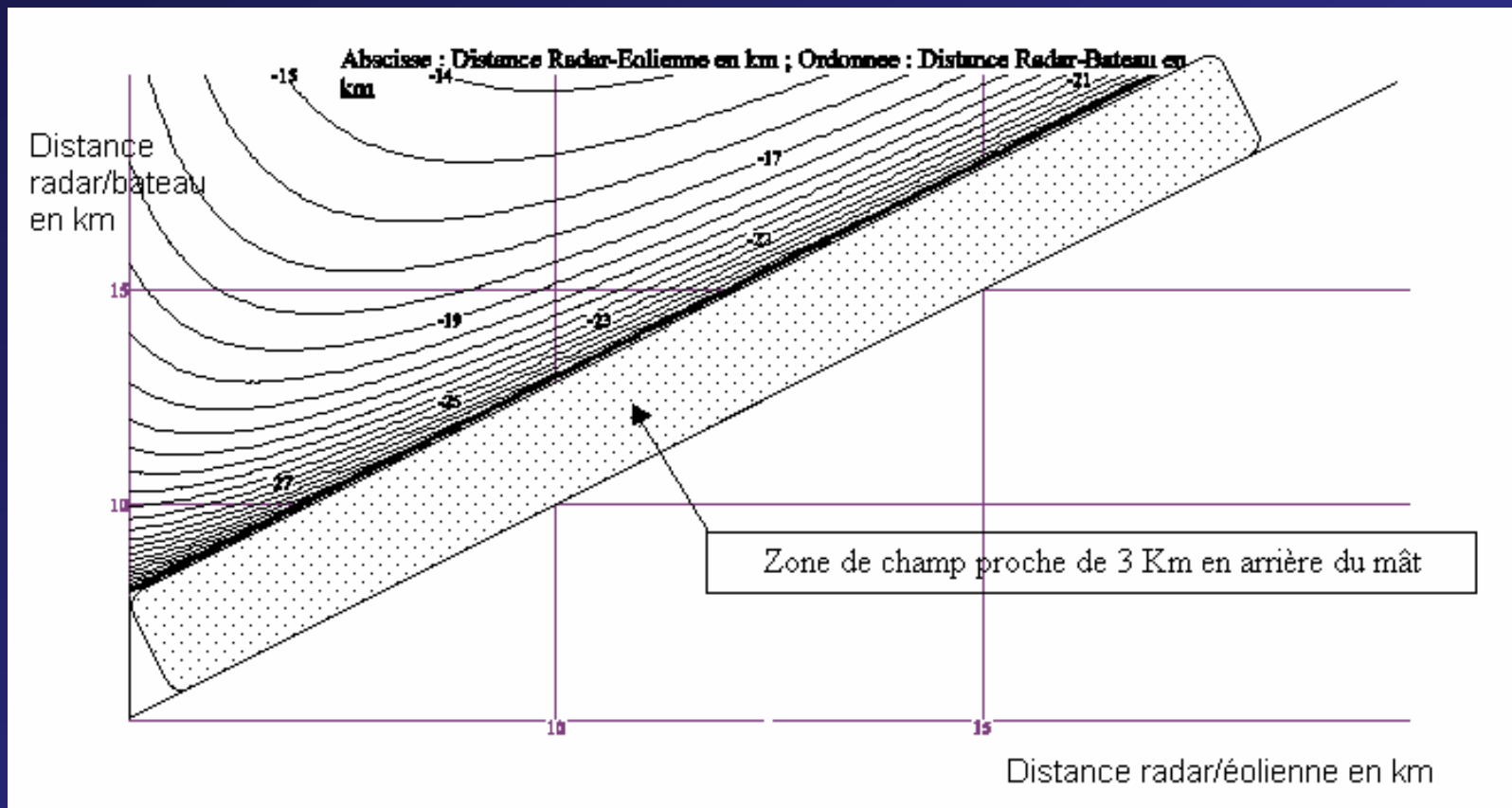
# Perturbations relevées sur les radars



Le masquage **bleu** présente un niveau moyen de 0,3 dB en AR.

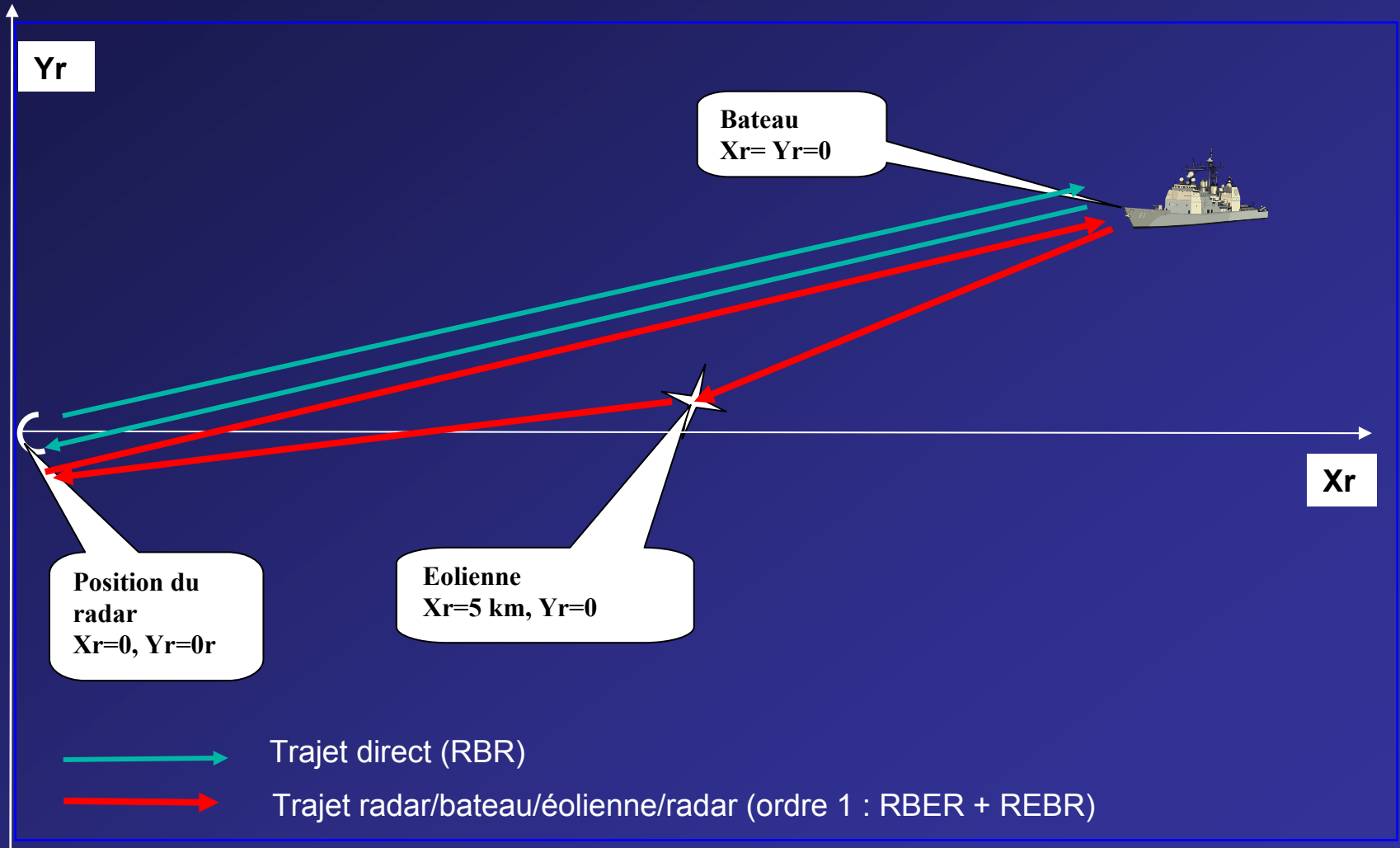
La modulation en amplitude à 0,05 ou 0,6 Hz n'a pas d'effet sur la détection des cibles "masquées" (zone bleue)

# Quantification masquage mât (fût = 7 m)



Atténuation maximale en dB du signal radar en aller-retour derrière un mât de 7 m de diamètre – (Fréquence radar = 9,2 GHz - Iso atténuation : pas de 1 dB)

# Géométrie des multitrajets radar

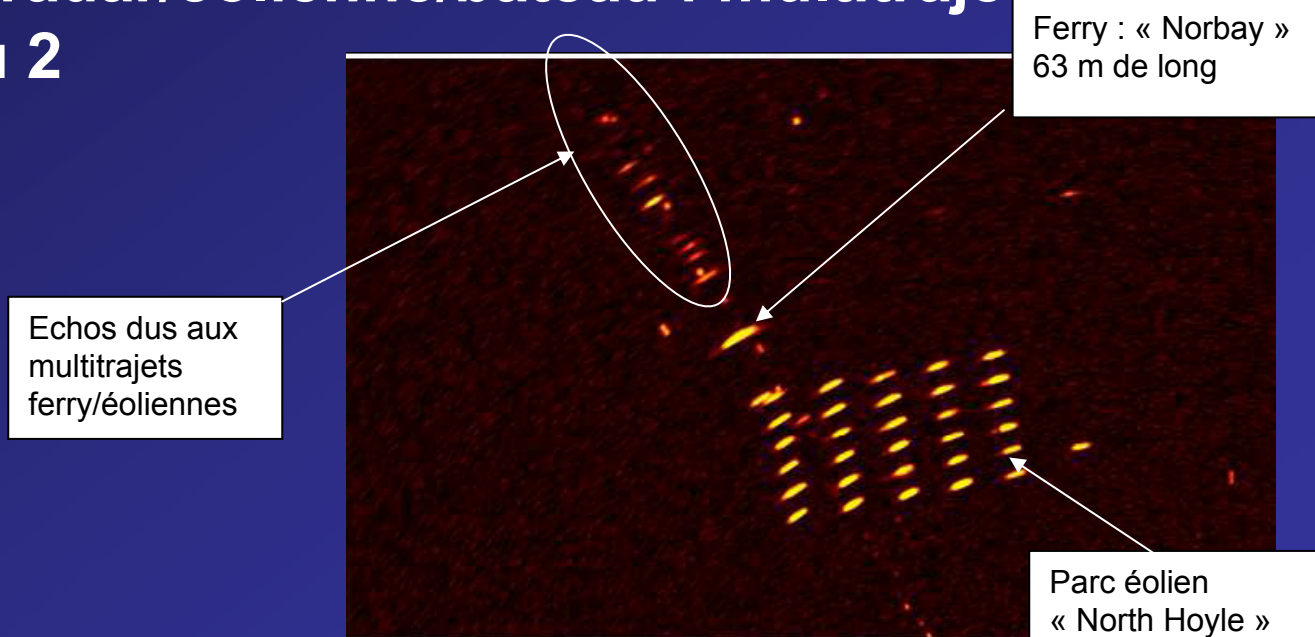


# Création de fausses cibles radar

**Interaction radar/éolienne : création de fausses cibles par les lobes secondaires de l'antenne :**

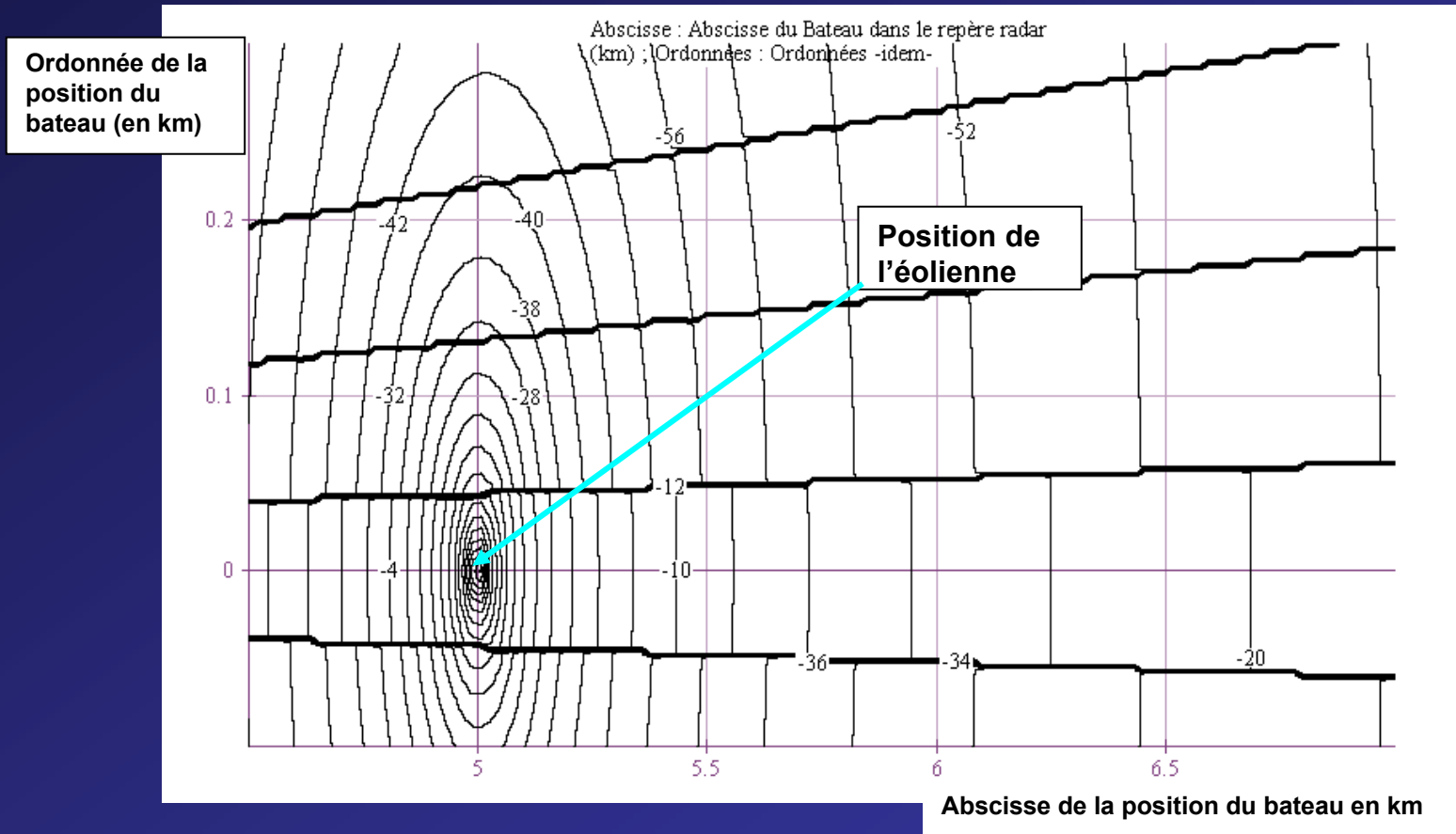
\* 2 cibles parasites à  $\pm 3$  à  $5^\circ$  de l'éolienne, à la même distance

**Interaction radar/éolienne/bateau : multitrajets d'ordre 1 ou 2**



# Quantification de l'effet des multitrajets Ordre1

## Atténuation amplitude Multitrajet/trajet direct (dB)



Rapport en dB de la somme des 2 multi trajets d'ordre 1 (RBER+REBR) par rapport au niveau du trajet direct en fonction de la position du bateau /éolienne (l'éolienne est placée en X=5km, Y =0)

# Précautions à prendre pour les radars

## Radars des CROSS :

- \* une exclusion totale d'éolienne à moins de 5km des installations et une coordination au delà de cette distance et en deçà de 20 km,*
- \* placement des éoliennes à plus de 1.5 à 2 Km des rails de navigations. En effet, l'intérieur du parc éolien ainsi qu'une surface périphérique au parc de 1.5 à 2 km de large constitueront une zone où le radar verra ses performances de détection/localisation/identification fortement dégradées.*

## Radar portuaire

- \* une exclusion d'éolienne de l'ensemble de la zone opérationnelle du radar jusqu'à 10 km du radar, avec une extension de 6° sur les deux limites angulaires de ce secteur*



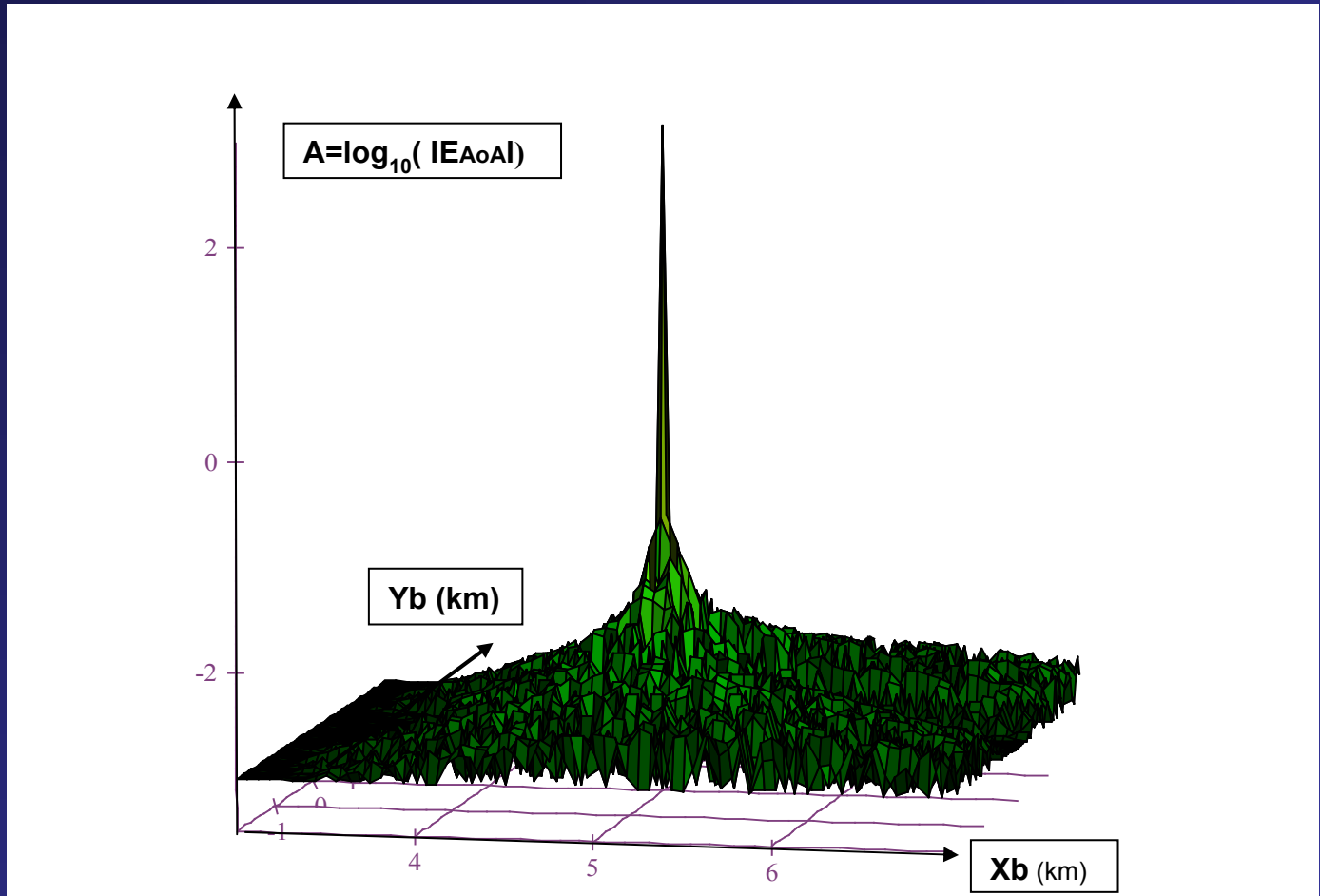
# Perturbations relevées sur les goniomètres

La perturbation se manifeste par les erreurs angulaires générées par la présence d'une éolienne à proximité du trajet direct de l'onde VHF. Ce type d'erreur sera principalement dû à l'interférence, sur le goniomètre, des champs électromagnétiques incidents combinés provenant :

- \* du trajet direct (bateau émetteur/goniomètre),
- \* du multitrajets d'ordre 1 (bateau émetteur/éolienne/ goniomètre).

Une modélisation, adaptée au cas des goniomètres de type doppler en usage en mer, de cette perturbation donne la représentation suivante :

# Erreur angulaire en fonction de la position émetteur/éolienne



Logarithme de l'erreur de mesure angulaire d'un goniomètre doppler(en degré) en fonction de la position d'un bateau émetteur à proximité d'une éolienne.  
L'éolienne est placée en  $X=5$  km,  $Y=0$  km. L'échelle  $Y_b$  s'étend de -2 km à +2 km

## **Précautions à prendre pour les goniomètres**

**La figure de la planche précédente montre que :**

- \* des fortes erreurs angulaires : de plusieurs dizaines de degrés ( $A > 1$ ) à  $1^\circ$  ( $A = 0$ ) lorsque le bateau se trouve dans un rayon d'environ 200 m autour de l'éolienne*
- \* une décroissance rapide de ces erreurs en-dessous de  $0,1^\circ$  lorsque le bateau est placé à plus de 200 m de l'éolienne*

**En conséquence :**

*Pour préserver la précision de mesure angulaire des goniomètres doppler qui est de l'ordre de  $0,3^\circ$ , il serait nécessaire d'éviter l'implantation d'éolienne à moins de 500 m du rail de navigation et du site où est implanté le système de goniométrie.*

# Perturbations possibles sur les DGPS

## Perturbation de la correction de position :

*La station de référence ou du navire établit sa « position GPS » par la réception de signaux venant de satellites dont les angles apparents par rapport à l'horizon est supérieur à  $10^\circ$ . Lorsque l'extrémité d'une pale en position verticale apparaît au dessus de cette limite par rapport à l'un des deux récepteurs GPS, elle pourrait générer un multitrajets du type satellite/éolienne/récepteur GPS qui entraînerait une erreur sur le signal de correction de la position.*

## Perturbation de la propagation du signal radio de correction :

*Pas de perturbation compte tenu du rapport de la longueur d'onde (1 km) et de la taille de l'éolienne (160 m).*

-----  
*Précautions à prendre : placement de l'éolienne à plus de 1200m du navire ou de la station de référence*