

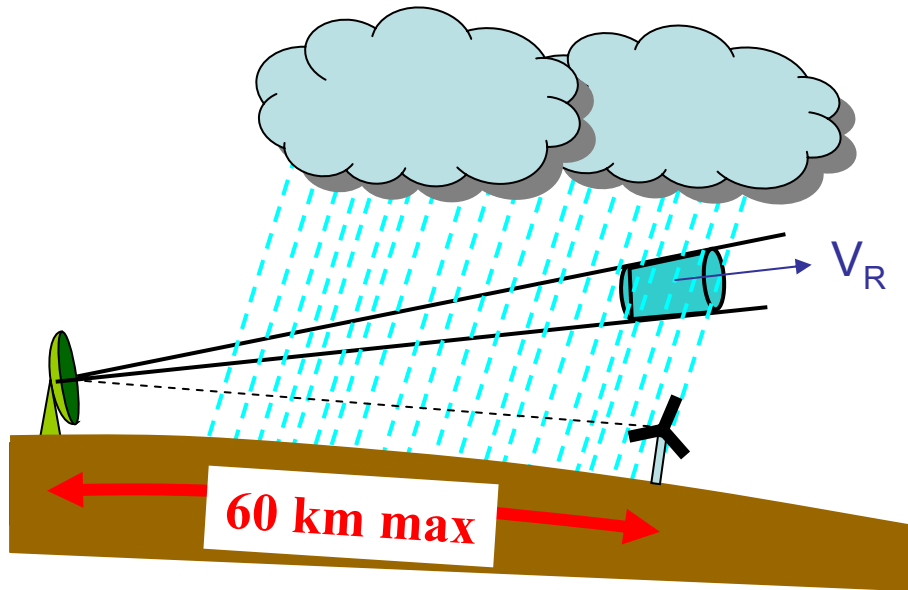
Radars météo, Eoliennes : Comment vivre ensemble?

Jacques Testud
jtestud@novimet.com

Agenda

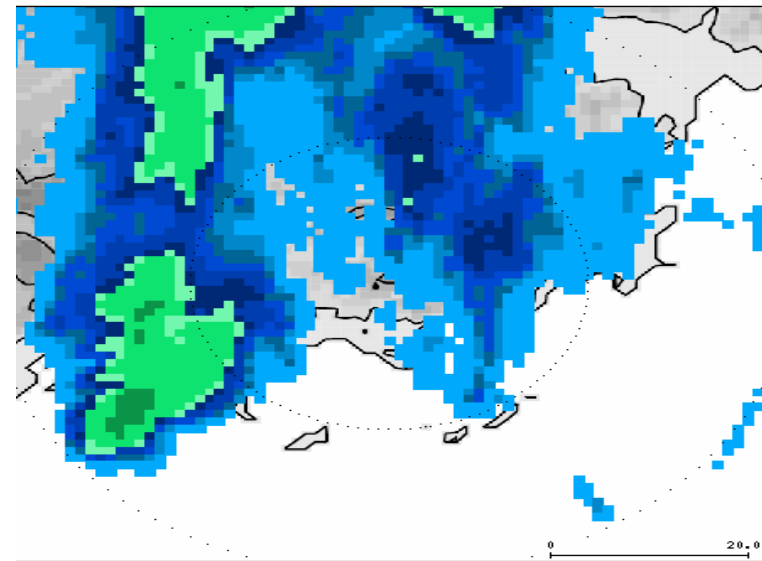
- Tendances, Enjeux en Radar Météo
- Section efficace radar (SER)
- Cibles météo versus cibles usuelles
- Échos parasites dus à l'éolienne
- Pistes pour filtrer des échos parasites et/ou les réduire

Radar météo: technique/produit



Méthodologie

Carte de pluie horaire



Cartographie précise des précipitations (1)

- Protection civile
 - Prévoir les crues
 - Prévoir les glissements de terrain
 - Apprécier la vulnérabilité au feu des forêts
- Gestion de l'eau
 - Hydrologie urbaine
 - Gestion des barrages
 - Gestion des aquifères

Cartographie précise des précipitations (2)

- Améliorer les pratiques agricoles
 - Contrôler l'irrigation
 - Limiter l'usage de fertilisants
 - Moins de pollution des aquifères
 - Moins d'effet de serre lié à l'émission de N_2O
 - Limiter l'usage de pesticides
 - Moins de pollution des aquifères
 - Améliorer la compétitivité de l'agriculture
 - Moins de traitements pour un meilleur résultat

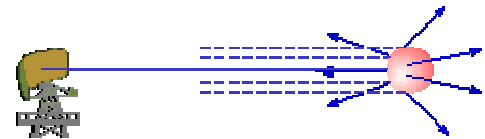
Cartographie du champs de vitesse radiale

- Prévision à courte échéance (0-6 heures)
 - Combler le gap des modèles actuels
 - Enjeu : prévision des évènements dangereux
 - Assimilation des données de vitesses radiales modèles de prévision régionaux
 - Météo-France, Japan Meteo Agency très actives
- Météo aéroportuaire
 - Détection des cisaillements de vent
 - Détection des "down bursts"

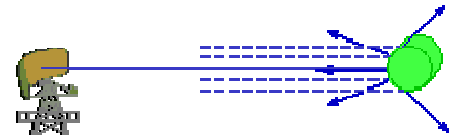
Section efficace radar (SER)

- Dépend de la *forme* de l'objet, du *matériau*, de son *orientation* et de la *longueur d'onde* du radar

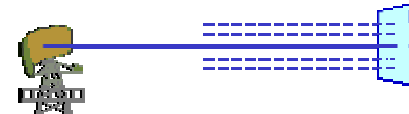
– Sphère : $\sigma_{\max} = \pi.r^2$



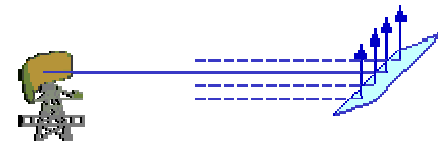
– Cylindre : $\sigma_{\max} = 2\pi.rh.(h / \lambda)$



– Plaque : $\sigma_{\max} = ab.(4\pi.ab / \lambda^2)$



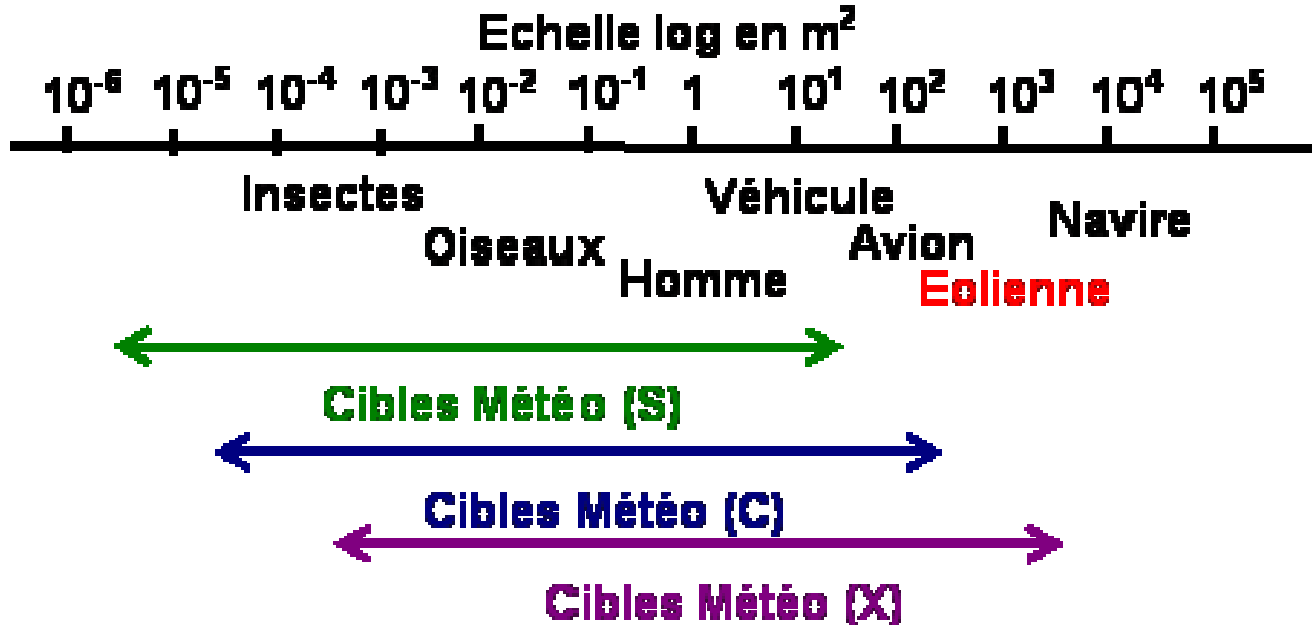
– Plaque inclinée : $\sigma \approx 0$



Comparaison de la SER des cibles météo avec des cibles usuelles

- Distance de référence: 10 km

[Cibles météo croissent en r^2]



Parasitage par les pales de l'éolienne

- Rayonnement vers le radar
 - Effet d'aveuglement
 - Spectre Doppler complexe



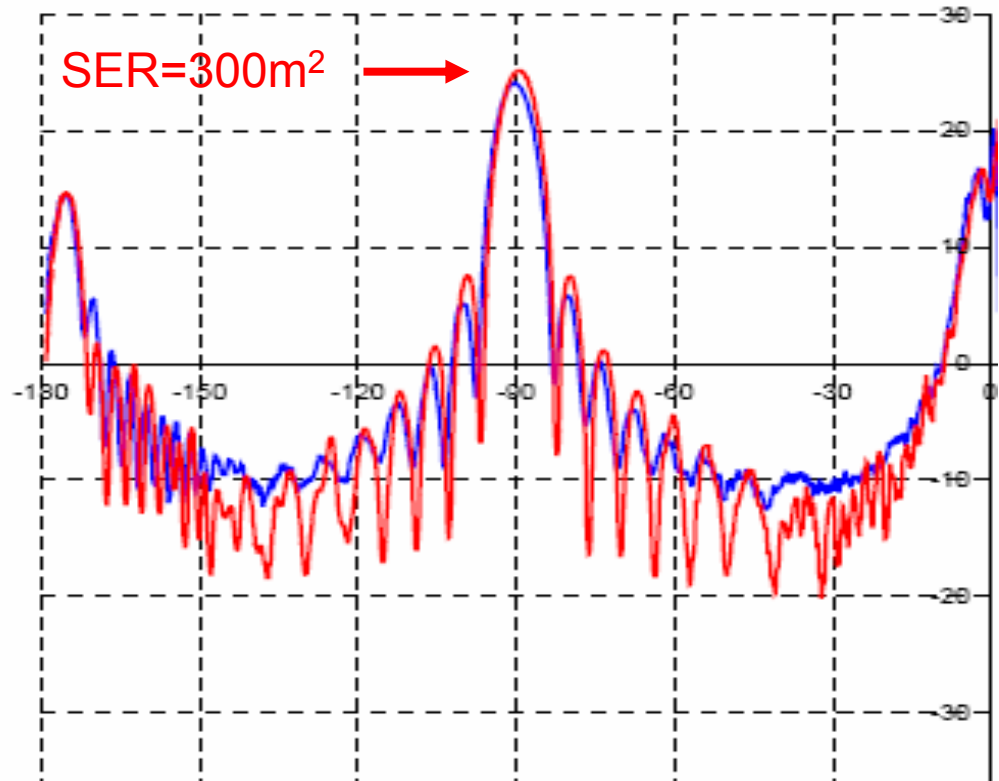
Parasitage par les pales de l'éolienne

- Déflexion du faisceau radar
 - Si écho météo sur le trajet :
Fausse interprétation



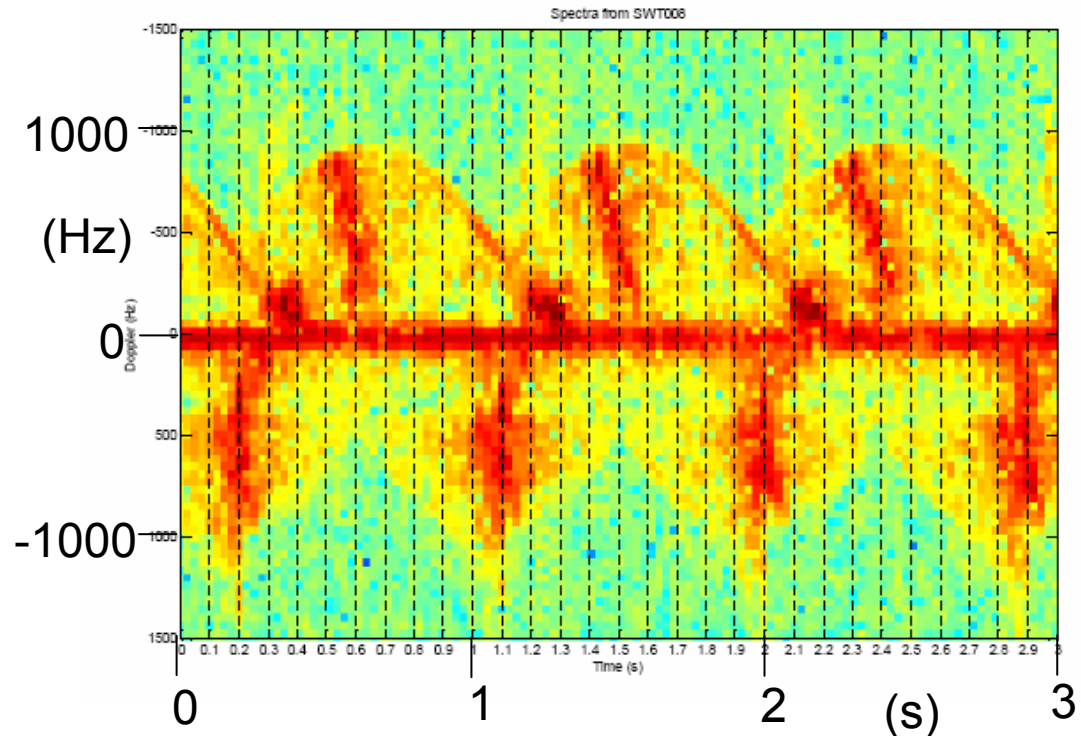
SER d'une pale d'éolienne

- Modélisation et mesure en chambre anéchoïde pour $f = 1$ GHz
- Tiré de Gavin Poupart (2003)



Spectre Doppler du signal de l'éolienne (bande S)

- Expérience où l'éolienne tournait à vitesse constante (23rpm)
- Axe rotor perpendiculaire à la direction de visée
- Signal intermittent avec un cycle de $\cong 1$ s
- SER fluctuant entre quelques m^2 et plus de $1000 m^2$
- Signal à large bande :
 - ± 1000 Hz à 3GHz
 - ± 1700 Hz à 5,6GHz
 - ± 3000 Hz à 9,3GHz
- Continuum proche de 0Hz éliminable par FEF



(tiré de G. Poupart, 2003)

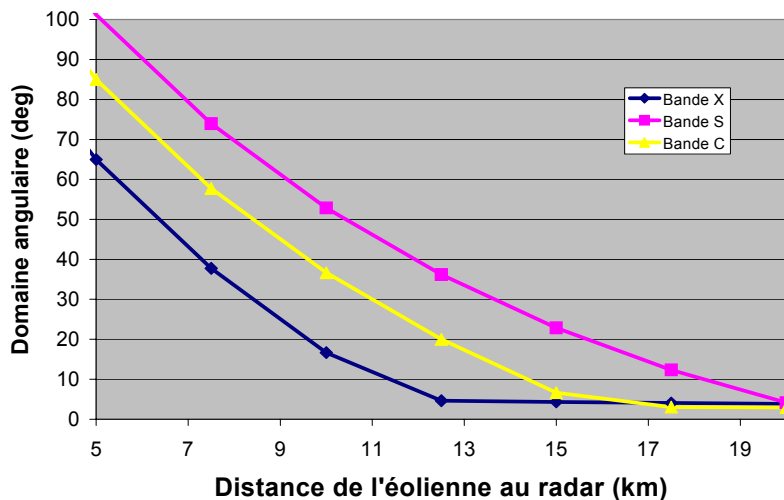
Caractéristiques du signal renvoyé par l'éolienne

- Deux composantes :
 - Parties "fixes" mât + nacelle
 - SER de quelques centaines de m^2
 - Echo "fixe" ($f = 0\text{Hz}$) éliminable par FEF
 - Rotor tri-pales
 - SER de quelques centaines de m^2
 - Signal à bande large
 - Largeur dépendant de l'orientation du rotor/radar
 - Gain du rapport signal météo/signal éolienne de l'ordre de 10 dB

Perturbation induite sur la mesure de la précipitation

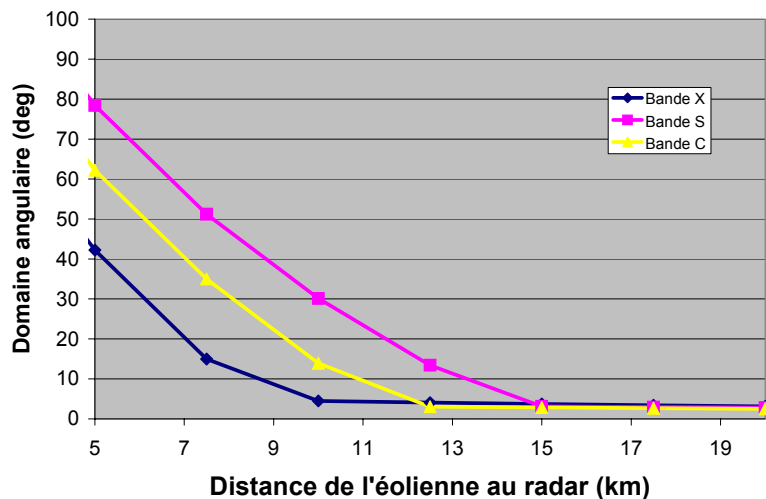
- Seuil de détection : 8dBZ

Domaine angulaire affecté par l'éolienne (SER=200 m2)



Axe rotor vers le radar
(possibilité de filtrage par FEF)

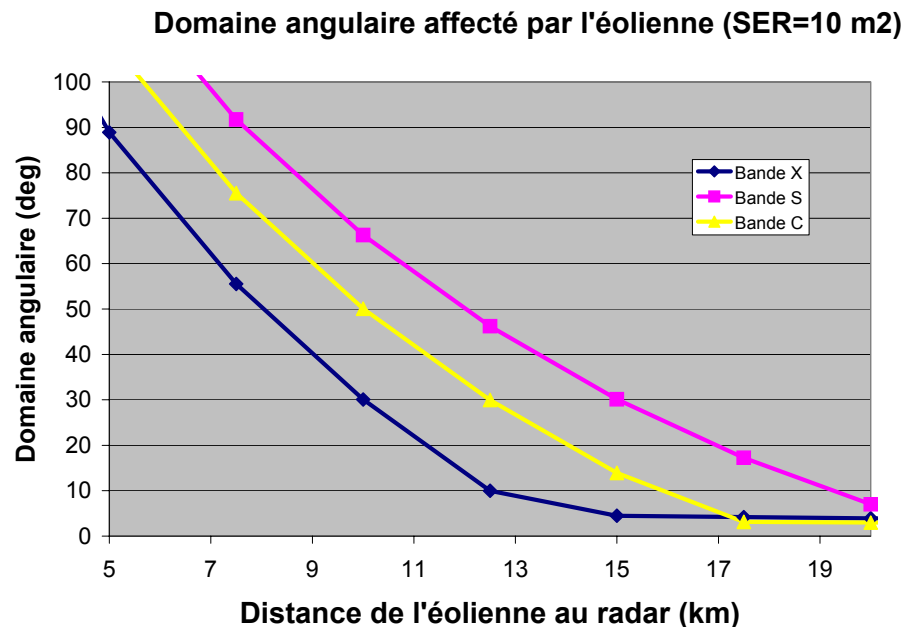
Domaine angulaire affecté par l'éolienne (SER=10 m2)



Axe rotor perpendiculaire au radar
(gain de 13 dB, mais pas de possibilité de filtrage par FEF)

Perturbation induite sur la mesure de vitesse radiale

- Seuil de détection : -10 dBZ

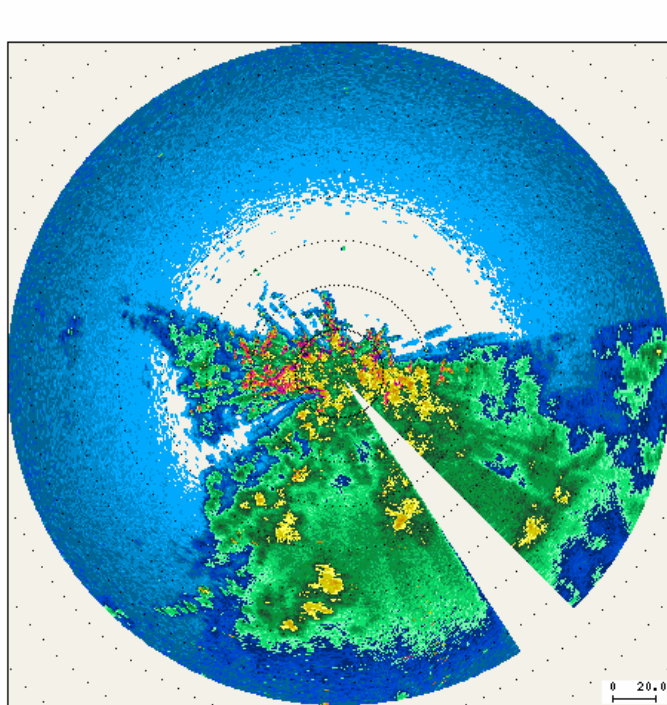


Axe rotor perpendiculaire au radar
(gain de 13 dB, mais pas de possibilité de filtrage par FEF)

Perturbation de l'éolienne sur la mesure radar

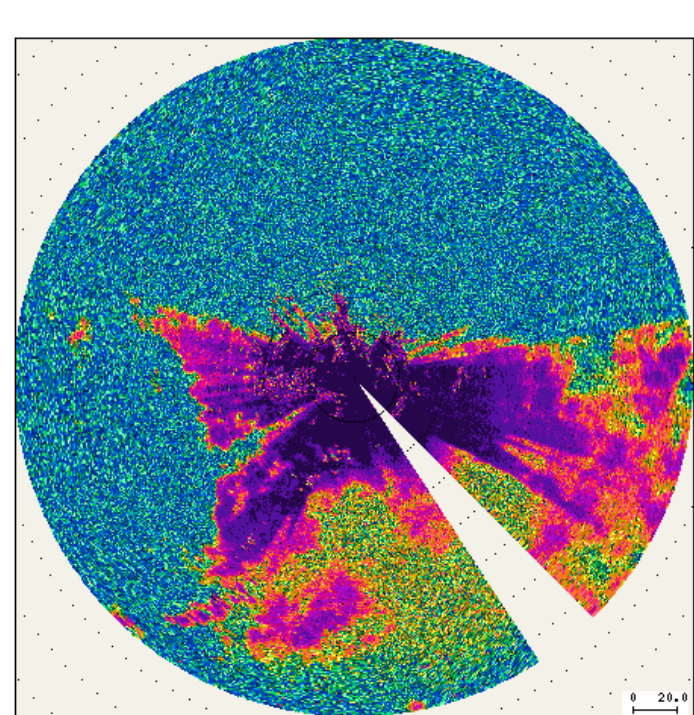
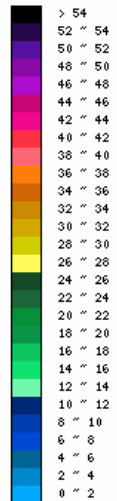
- Signal du rotor de l'éolienne très difficile à filtrer (bande large, largeur variable)
- Seule stratégie : élimination des données polluées
 - Piste possible : la diversité de polarisation
 - Signaux H et V cohérents pour le signal météo et certainement incohérents pour le signal de l'éolienne
 - La diversité de polarisation a fait ses preuves pour éliminer les échos de mer (non fixes)
- Perte de performance du radar sur tous les pixels influencés par l'éolienne

Filtrage des échos de mer en utilisant la diversité de polarisation



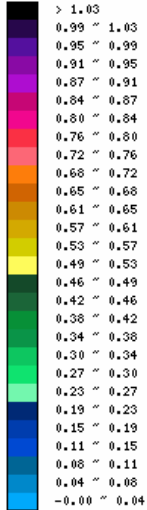
Rélectivité (dBZ)

Reflectivity



Coefficient de corrélation

RHOHV



Comment coexister?

- Examiner comment réduire la SER des éoliennes
 - Architecture du mât et de la nacelle
 - *Matériau du rotor*
- Améliorer le traitement de données du radar (Élimination de données aberrantes)
 - Retour d'expérience avec radar classique
 - Expérimenter la diversité de polarisation
- Retravailler sur la distance d'exclusion
- Nb maximum d'éoliennes dans le champ du radar