

**Atelier Franco-Allemand « éoliennes et radars »
27 novembre 2007**

**Perturbations des radars par les éoliennes
- Situation mondiale des travaux
(hors Allemagne et France)**

*Jacques BERNARD-BOUISSIERES
Ingénieur Conseil*

Sommaire

1. [Éolien : situation internationale](#)
2. [Le problème éoliennes ↔ radars \(rappel\)](#)
3. [Les précurseurs](#)
4. [Le Royaume Uni](#)
5. [Les autres pays d'Europe](#)
6. [Les organismes européens](#)
7. [Les USA](#)

Éolien : situation internationale

- Classement des pays par densité de capacité de production éolienne en 2006.

Pays	Capacité fin 2006 (MW)	Superficie km ² x1000	Densité kW/ km ²
Danemark	3 136	43 094	72.8
Allemagne	20 622	357 027	57.8
Pays-Bas	1 560	41 526	37.6
Espagne	11 615	504 782	23.0
Portugal	1 716	92 391	18.6
Autriche	965	83 870	11.5
Irlande	745	70 280	10.6
Royaume Uni	1 963	262 776	7.5
Italie	2 132	301 230	7.1
Belgique	193	30 528	6.3
Grèce	746	131 940	5.7
France	1 567	675 417	2.3
USA	11 575	7 882 900	1.5
Suède	572	449 964	1.3
Norvège	314	324 220	1.0
Canada	1 451	9 984 670	0.1

RAPPEL

Le problème éoliennes ↔ radars

- La présence d'éoliennes dans le "champ de vision" de radars est de nature à perturber leur fonctionnement
 - obstacle à la propagation de l'onde
 - faux échos, phénomènes d'aberrations...

- Le phénomène affecte d'une manière un peu différente :
 - les radars de l'aviation civile
 - les radars d'observation militaire
 - les radars météorologiques
 - les radars d'observation maritime, vis-à-vis de parcs éoliens offshore

RAPPEL

Les perturbations apportées

- Radars de l'aviation civile - primaires ou secondaires - 2D
 - effet de masque (« shadowing »)
 - réflexion sur les surfaces fixes → niveau pouvant être saturant
 - faux échos par réflexion sur les parties mobiles, aberrations
- Radars militaires - primaires 2D, 3D, ou secondaires
 - mêmes phénomènes que pour les radars civils
 - mais peuvent être comparativement plus gênés
 - *pouvoir suivre des cibles de faible SER à basse altitude*
 - *prendre en compte le cas de radars mobiles*
- Radars météorologiques
 - écho fixe important
 - effet de "blocage" du faisceau radar
 - mesure doppler de vitesse du vent pouvant être dégradée par l'effet de rotation des pales.
- Radars maritimes (*pas d'expérience en France*)
 - effet de masque, faux échos de lobe secondaire, etc.

Les précurseurs

- **Royaume Uni** : Pionnier des radars, forte densité de radars, forte densité du trafic aérien
 - Dès 1194, rapport Royal Air Force FEE pour radars militaires
 - En 2000, distance de coordination autour des radars
 - militaires : 74 km
 - civils et météo : 30 km
 - Fin 2001 le DTI forme le « Aviation Steering Group » et lance des études
- **Pays-Bas** : Perturbation étudiée par TNO dès 1995
- **Suède** : 1er rapport en 1997 (existence de perturbations sans remise en cause les capacités de détection du radar)
- **Danemark** : Concentration la plus élevée d'éoliennes de tous les pays du monde, mais bonne cohabitation
 - 2001 perturbation apportée par le parc éolien de Middelgrunden (traitée)

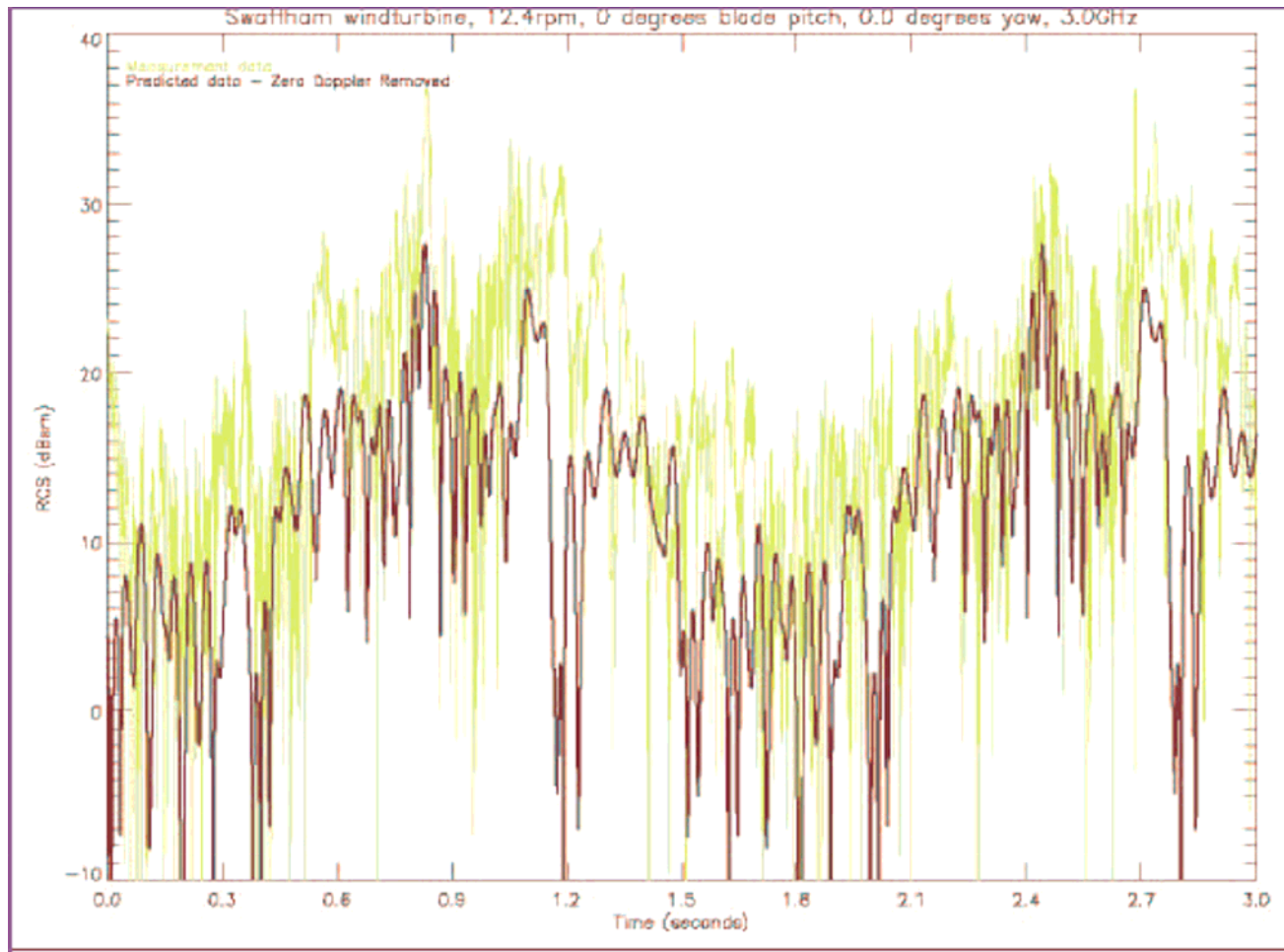
Royaume Uni

- Fin 2001, groupe de pilotage formé par DTI entre toutes les parties concernées pour pour :
 - éclaircir la situation entre radars et éoliennes
 - permettre d'utiliser un maximum de terrains au RU
- 2002 – 2003 1^{ere} phase d'études, avec financement DTI :
 - D'abord état des lieux des connaissances
 - 12/2001 rapport Spaven Consulting sur l'état du problème
 - 09/2002 « Wind energy and aviation interests – interim guidelines »
 - 01/2003 rapport STASYS Ltd sur l'état de l'art en Europe
 - Etude QinetiQ pour **compréhension détaillée des interactions éoliennes / radars (théorie + expérimentation terrain)** → 09/2003 rapport QinetiQ « Wind farms impact on radar aviation interests »
+ rapport d'évaluation sur les radars secondaires en 2004 .
 - Etude Alenia Marconi Systems Limited sur **possibilités de modification des radars primaires civils/militaires** pour réduire les effets des éoliennes → 06/2003 rapport AMSL « Feasibility of mitigating the effects of windfarms on primary radar »

EXEMPLE

Rapport QinetiQ de septembre 2003 « Wind farms impact on radar aviation interests »

Un exemple de comparaison simulation - mesure



Royaume Uni (suite)

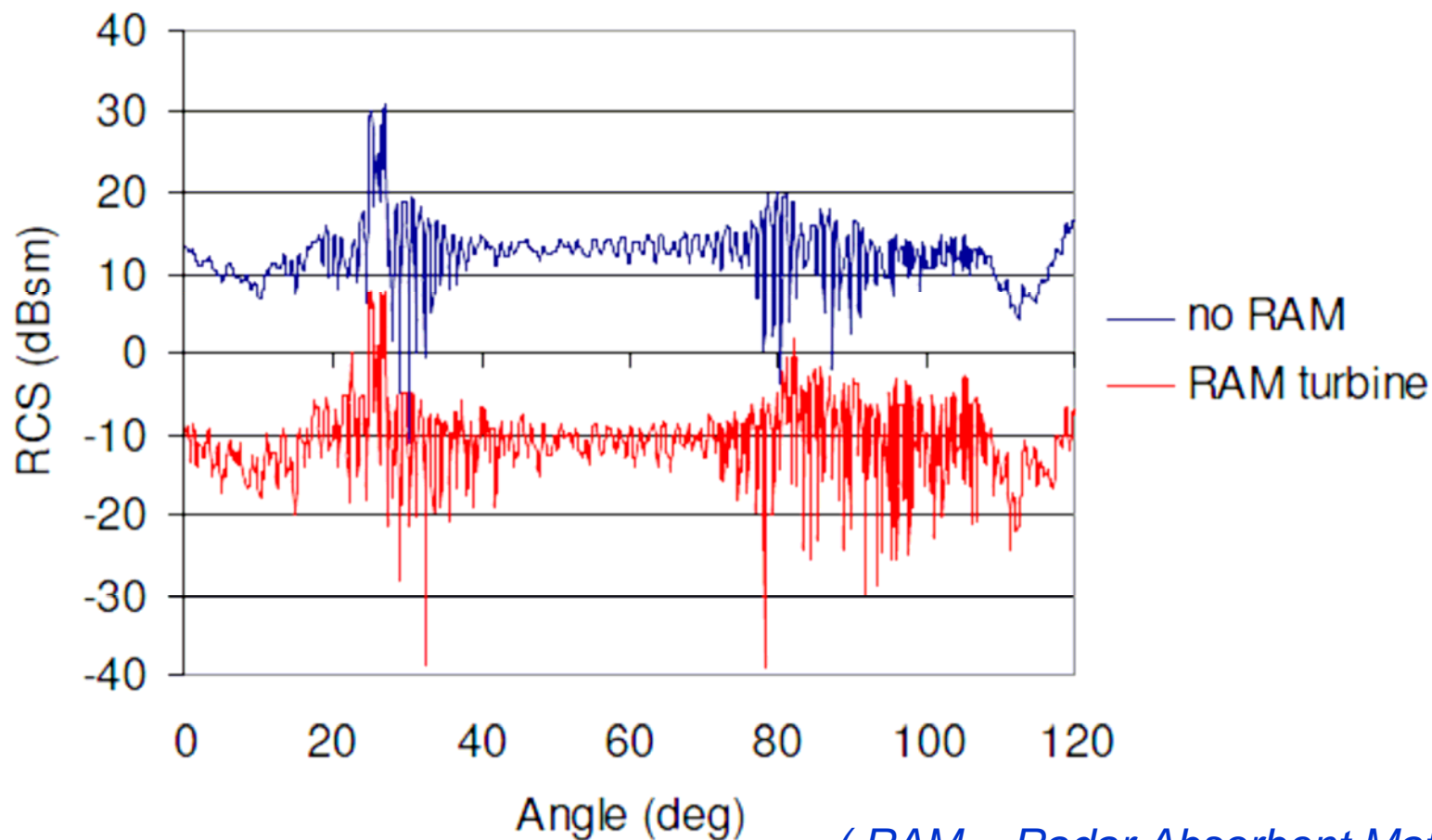
- 2004 – 2006 - 2^e phase d'études et essais
 - fin 2004, campagne d'essais RAF sur les radars défense et ATC
 - 2005-2006 : BAE Systems et SELEX avec participation du MOD et des avions de la RAF testent des dispositifs ("ADT", "SPE 3000") pour **atténuer les perturbations des radars** de contrôle aérien
 - crédits alloués QinetiQ + fabricants + universités, avec la participation de pour **concevoir de nouvelles pales ayant une plus faible signature radar** → 02/2005 rapport QinetiQ

- 2006 → Continuation des travaux
 - QinetiQ développe le « Radar Impact Assessment Service »
 - QinetiQ continue sur les matériaux absorbants (cf. BWEA 28) ...
 - BAE Systems et Sensis développent les dispositifs pour radars
 - Projet « Stealth Technology for Wind Turbines » par BAE Systems + universités + fabricant Vestas → **résultats fin 2007 ?**

EXEMPLE

Rapport QinetiQ de février 2005 « Design and manufacture of radar absorbing wind turbine blades »

Un exemple de SER d'une éolienne sans et avec revêtement absorbant les ondes radar "RAM" (orientation rotor 90°)



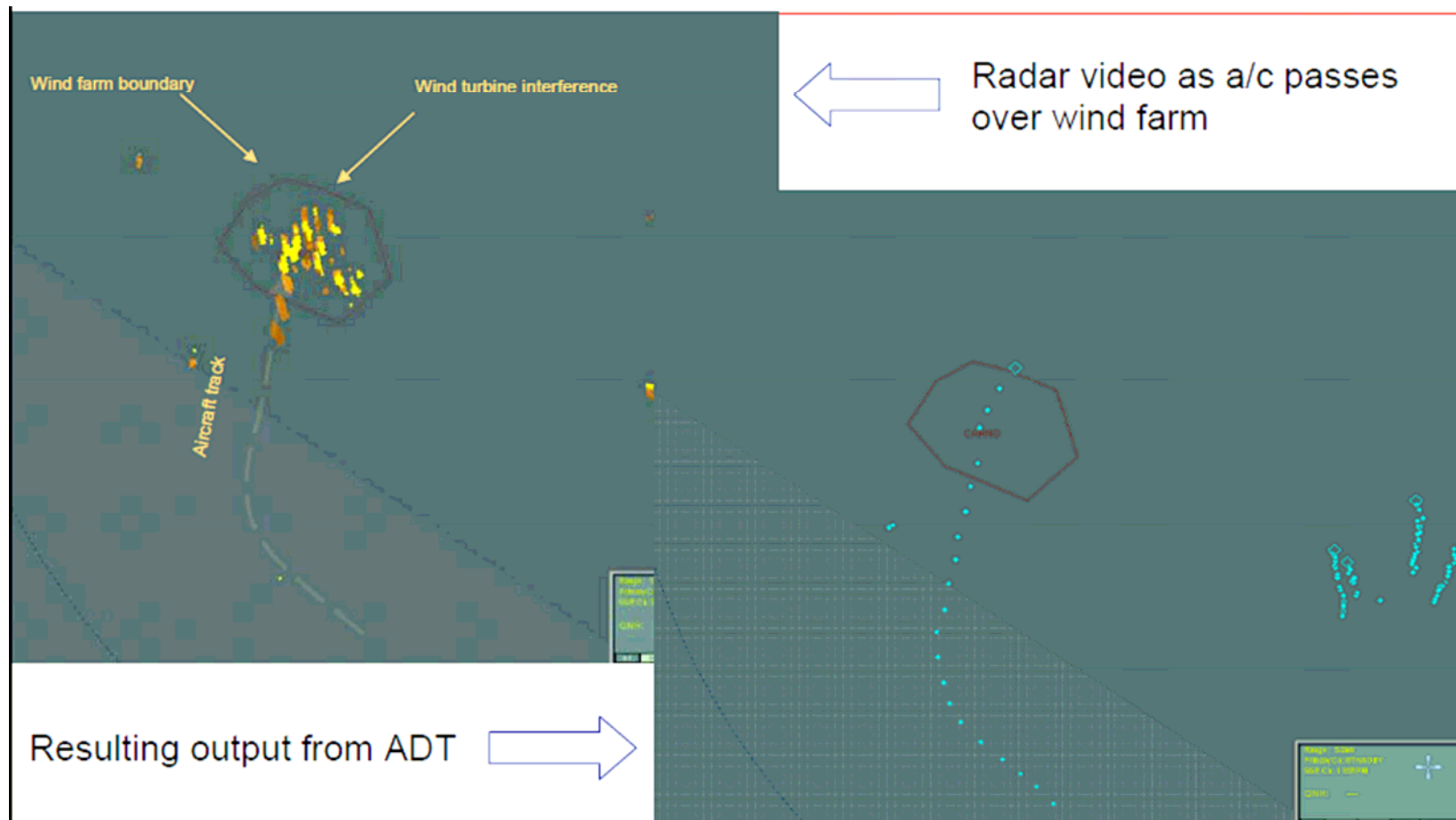
(RAM = Radar Absorbent Materials)

EXEMPLE

Présentation BAE Systems au BWEA 28 (oct 06)

«Advanced Digital Tracker solutions for radar»

Exemple de résultat obtenus lors des essais "Celtic Storm",
montrant les effets positifs du filtrage "ADT"



Autres pays d'Europe

- Pays-Bas
 - 04/2007 - IEEE RADAR 2007 - communication TNO « Radar Performance Degradation due to the Presence of Wind Turbines »
- *réduction de la portée de détection dans le volume dans l'ombre d'une éolienne et erreur d'azimut pour un radar secondaire*
- Danemark, Suède ?

Organismes européens

➤ EUMETNET

- Programme "OPERA" - WP1.5 "Site and frequency protection"
→ perturbations causées par les éoliennes (*entre autres*)
Travaille à collecter l'expérience européenne sur les perturbations et sur sur les techniques pour les minimiser

➤ EUROCONTROL

- Groupe de travail WTTF « Wind Turbine Task Force » démarré en dec. 2005
- 8 réunions tenues en 2006-2007, avec plan de travail
- Document de méthodologie en préparation (auteur NATS)

➤ OTAN

- 1 réunion en mai 2007 (surtout brainstorming)
- Pourrait se coordonner avec EUROCONTROL

➤ IEA Wind (*branche éolienne de l'International Energy Agency*)

- *3 réunions sur le sujet en mars 2005 et mars 2007*

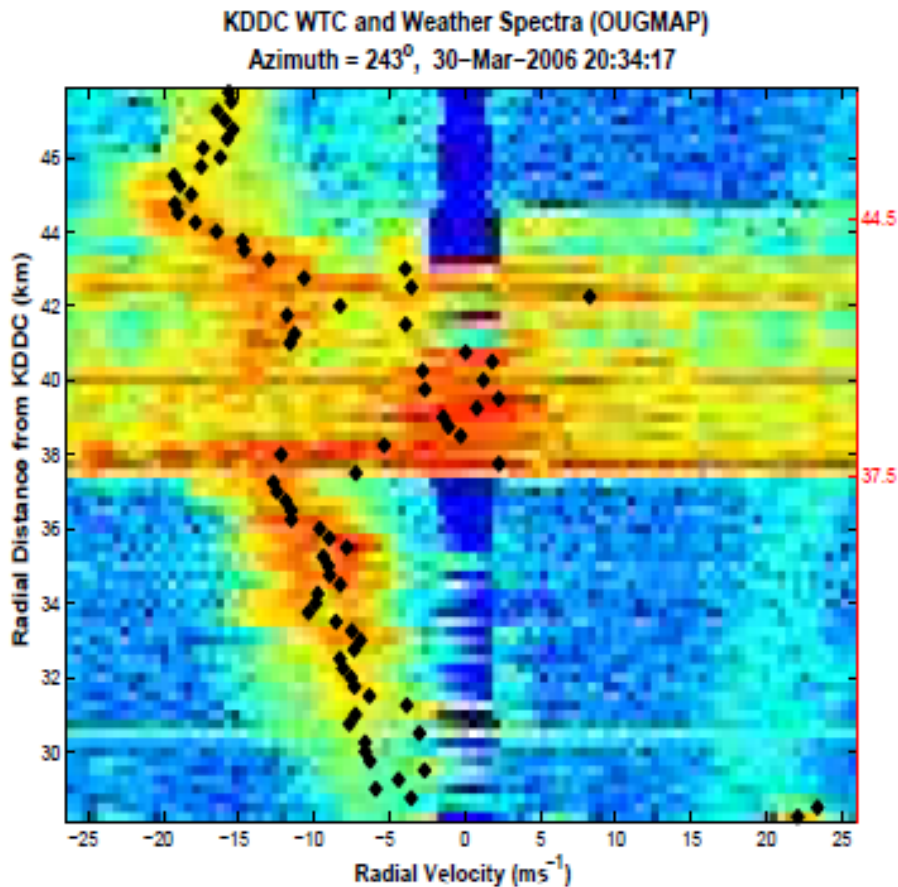
USA

- « Réveil » des USA début 2006
 - * *problème spécifique des radars longue portée « PAVE PAWS »*
- Rapport DoD sept 2006...
 - dit que le problème est réel, qu'il faut mettre au point des critères et des méthodes de réduction...
- Travaux ultérieurs côté radars civils et militaires
 - Essais entrepris en septembre 2007 à King Mountain par USAF et FAA avec un radar FAA...
- Travaux pour les radars météorologiques
 - Atmospheric Radar Research Center - University of Oklahoma
<http://arcc.ou.edu/turbine> & NEXRAD ROC, Norman, Oklahoma
→ *gros travail depuis 2006 « Significance and Mitigation of Wind Turbine Clutter for the WSR-88D Network »*

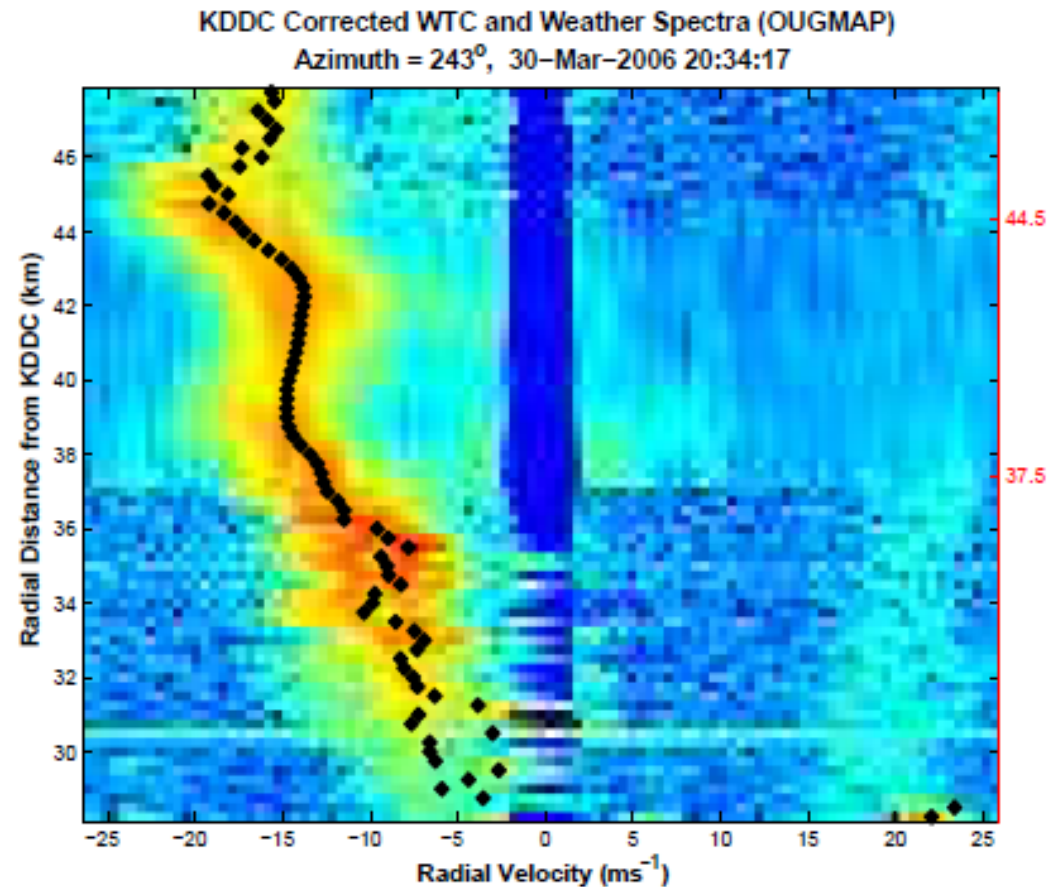
EXEMPLE

Papier ARRC août 2007 «Characterization and mitigation of wind turbine clutter on the WSR-88D network»

Exemple de filtrage du clutter d'éolienne



(a)



(b)

Vos Questions ?