



HAL
open science

Conception d'un Radar harmonique pour étudier la dispersion du Carpocapse des pommes

Franck Daout, Françoise Schmitt, Thomas Delattre

► **To cite this version:**

Franck Daout, Françoise Schmitt, Thomas Delattre. Conception d'un Radar harmonique pour étudier la dispersion du Carpocapse des pommes. Journées du GDR ondes 2451 "interférences d'ondes" Assemblée générale, Oct 2015, Lyon, France. hal-02739707

HAL Id: hal-02739707

<https://hal.inrae.fr/hal-02739707>

Submitted on 2 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Conception d'un Radar harmonique pour étudier la dispersion du Carpocapse des pommes

F. Daout¹, F. Schmitt¹, T. Delattre²

¹ : lab. SATIE, ENS Cachan, CNRS Universud,

² : INRA, unité PSH, UR 1115, Avignon
fdaout@u-paris10.fr

Résumé

Cet article présente les caractéristiques d'un radar harmonique utilisé pour étudier le déplacement du Carpocapse des pommes. Ce radar est constitué d'un module émission/réception de faible coût (inférieur à 1500 euros) associé à un transpondeur passif situé sur l'insecte. Le radar émet un signal à 1.8 GHz et détecte une onde à 3.6 GHz. La portée souhaitée est de 100 m. Ce papier décrit la faisabilité d'un tel système et analyse les différentes configurations de mesures. Il est montré qu'un codage d'information est nécessaire pour atteindre la portée désirée.

1. Introduction

La dispersion des insectes est un sujet d'étude important pour les biologistes. Howard [1] définit la dispersion ainsi en 1960 : «Dispersal is the permanent movement an individual makes from its birth site to the place where it reproduces or would have reproduced had it survived and found a mate». Dans ce contexte, les chercheurs en agronomies ont besoin d'un système permettant de suivre le déplacement d'animaux sur un périmètre fixé. L'étude présentée s'inscrit dans ce cadre : il s'agit d'étudier le déplacement d'un papillon, le Carpocapse des pommes, sur une zone de quelques centaines de mètres carrés. L'utilisation d'un système radar classique est complexe compte-tenu de la très faible signature électromagnétique de l'insecte. En développant un transpondeur embarqué sur l'insecte, le problème se simplifie. En effet, le transpondeur capte le signal émis par le radar, le modifie avant de le réémettre. La singularité du système radar est donc à deux niveaux: (i) la modification du signal radar pour le différencier de celui réfléchi par l'environnement et (ii) la nécessaire miniaturisation du transpondeur qui doit être passif. Une méthode consiste à mettre en œuvre un radar de type harmonique [2]-[5] ; dans ce cas le signal renvoyé par le transpondeur est émis sur une fréquence double de la fréquence d'émission. Le schéma simplifié du système est représenté sur la figure (1-a). Il est constitué de deux structures indépendantes : (i) L'interrogateur constitué d'un émetteur et d'un récepteur, est chargé d'interroger et de détecter la cible. (ii) Le TAG localisé sur l'insecte est passif.

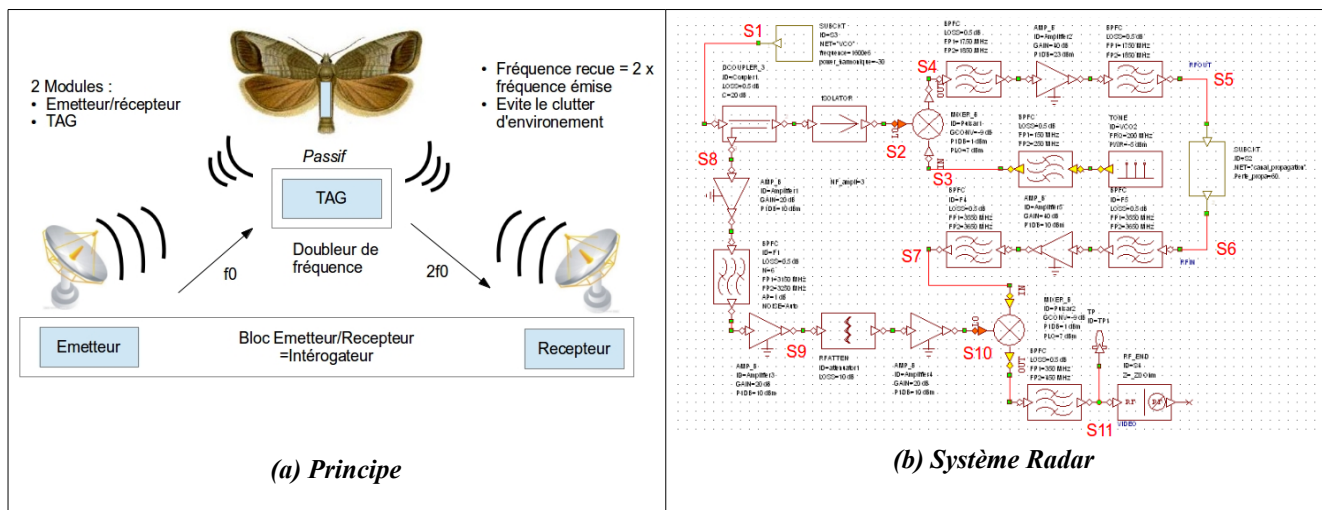


Figure 1. Radar harmonique

2. Structure du Radar

Les caractéristiques souhaitées du système radar sont liées à son application. Le TAG est de petite taille. Le module radar est portable, autonome, de faible coût avec une portée de 100 m. Ces caractéristiques conditionnent le choix de la fréquence à utiliser. Un compromis entre la portée et la taille des antennes du TAG est à trouver. De plus l'environnement étant constitué de verger le canal de propagation est complexe. Pour tenir compte de ces contraintes, une fréquence de 1.8 GHz a été choisie. Pour prendre en compte la portabilité et l'autonomie, une puissance maximale de 20 dBm a été retenue (contrairement

à [2]-[3]). Le module radar (fig. 1-b) génère un signal à 1.8 GHz et détecte le signal à 3.6 GHz. Il est réalisé à partir de composants disponibles dans le commerce. Le signal vidéo est analysé avec un récepteur bande étroite (100 MHz). La sensibilité du récepteur a été déterminée en utilisant un simulateur RF. Le tableau de la figure 2-a présente les puissances et les fréquences des signaux en différents point du montage. Ce tableau a été obtenu pour des pertes de propagation de 60 dB en considérant les pertes de conversion du TAG.

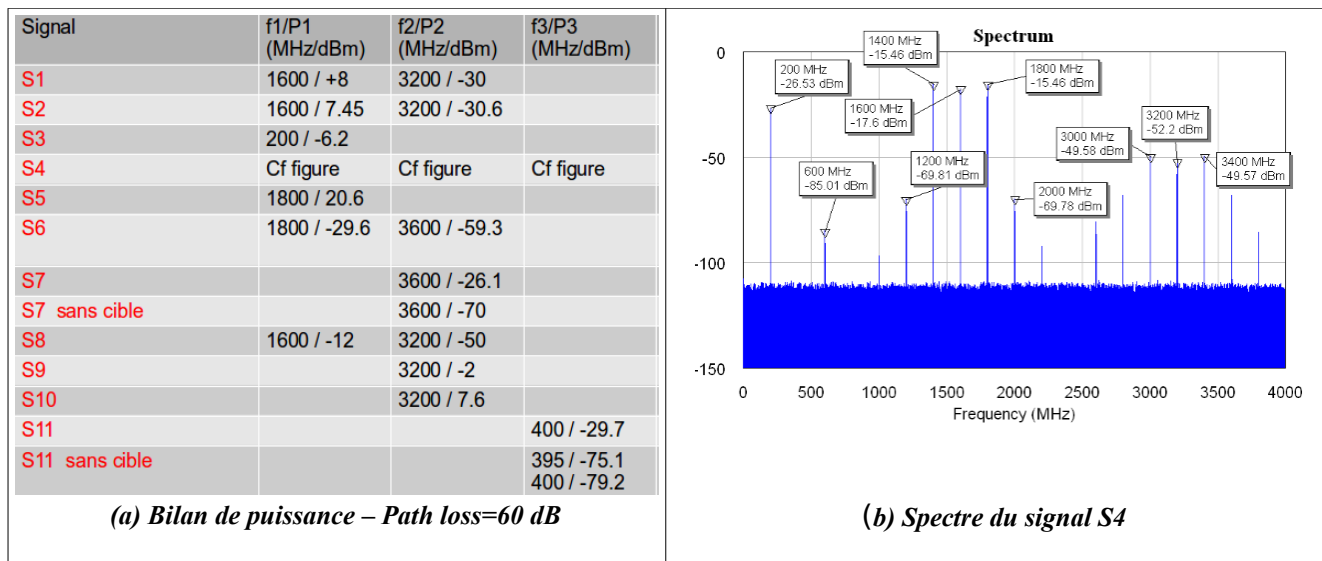


Figure 2 – Bilan de puissance

Il a été montré que sans codage, la dynamique du système radar est de 90 dB. Un calcul montre que pour une portée de 100 m, les pertes liées au canal de propagation et au TAG sont de 130 dB. Il devient donc nécessaire d'augmenter la puissance d'émission, avec diminution la bande du récepteur et/ou de réaliser un codage afin d'avoir un gain de traitement de 40 dB. C'est cette dernière option qui est privilégiée en codant l'information émise avec un code PRN (Pseudo Random Noise).

L'utilisation d'un code PRN associé à une modulation de phase (principe du GPS) permet l'étalement du spectre du signal et augmente le gain de traitement à la réception. De plus les données sont en accès multiple : plusieurs émetteurs utilisent la même fréquence porteuse, mais avec différents codes. On peut alors envisager l'utilisation de plusieurs radars fonctionnant en configuration multistatique.

Les codes PRN utilisés sont les codes GOLD. Il s'agit de séquences binaires périodiques (1023 bits). Chaque séquence a une durée de 1ms. Chaque bit est émis à la fréquence de 1.023 MHz. Le gain à la réception est proportionnel à la largeur de la bande et au temps d'intégration (Gain = Bande × Temps d'intégration). Pour obtenir un gain de 40 dB, une durée d'intégration supérieure à 10 ms est nécessaire. La mesure de la distance est réalisée par inter-corrélation entre le signal émis par l'émetteur et celui renvoyé par le TAG, le même code étant généré au niveau du récepteur. Pour identifier plusieurs insectes, l'utilisation de différentes fréquences est envisageable.

4. Conclusion

Cet article présente une étude de Radar harmonique qui conduit à la réalisation d'un démonstrateur. A partir de la structure radar définie pour répondre au cahier des charges, le bilan de liaison a été simulé. L'impact des différents composants a été évalué. La faisabilité du doubleur de fréquence a été étudiée. Il a été démontré qu'il est nécessaire d'avoir une attention particulière sur la pureté du signal de référence et émis. L'étude de la sensibilité du récepteur nous conduit à la mise en place d'un codage. La suite du travail consistera à réaliser le démonstrateur ainsi que d'étudier les différentes configurations de mise en œuvre. L'étape de miniaturisation viendra conclure ce travail.

5. Bibliographie

- [1] W. E. Howard, « Innate and environmental dispersal of individual vertebrate ». American Midland Naturalist, 63(1960) : 152–161.
- [2] D. Psychoudakis, W. Moulder, C. Chen, H. Zhu, and J. L. Volakis, « A Portable Low-Power Harmonic Radar System and Conformal Tag for Insect Tracking », IEEE ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS, VOL. 7, 2008
- [3] J.R. Riley, A.D. Smith, « Design considerations for an harmonic radar to investigate the flight of insects at low altitude », Computers and Electronics in Agriculture, 35 (2002) 151–169
- [4] H. Wang, « Harmonic Radar for Bee Searching », slides, May 2013
- [5] N.Tahir, G. Brooker, « Recent Developments and Recommendations for Improving Harmonic Radar Tracking Systems » EUCAP, April 2011