

Ecole Nationale Supérieure
Des Sciences de l'Information
et des Bibliothèques



Université
Claude Bernard
Lyon 1

DESS Ingénierie Documentaire

Rapport de recherche bibliographique

**Le radar harmonique comme
technique de pistage des petits
animaux**

Laure-Lou PERRIER

Sous la direction de :
Pierre JOLY
UMR 5023 Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux
Université Claude Bernard Lyon 1
69622 Villeurbanne cedex

- Année 2000/2001 -

Le radar harmonique comme technique de pistage des petits animaux

Laure-Lou PERRIER

RESUME

Ce rapport présente un état de l'art sur l'application biologique de la technique du radar harmonique, pour pouvoir la reproduire et l'appliquer à des petits amphibiens. La cible fixée à l'animal suivi ne nécessite pas de source d'énergie propre, et le récepteur n'est pas sensible aux parasites dus au terrain. Mais les animaux ne peuvent être identifier individuellement. L'application de cette technique au comportement animal est assez récente (essentiellement depuis 1996 à nos jours) et les équipes majeures sont d'origine anglaise.

DESCRIPTEURS

radar harmonique, animal, comportement animal.

ABSTRACT

This paper work presents a state of art on the biological application of the harmonic radar technique, in order to make it reproducible and to apply it to small amphibians. The tag fixed to the tracked animal does not require an internal source of power and the receiver can detect it even in the presence of strong clutter. Unfortunately, the animals cannot be identified individually. This animal behavior application is quite recent (mainly since 1996 to nowadays) and the major teams are of English origin.

KEYWORDS

harmonic radar, animal, animal behavior.

Sommaire

INTRODUCTION	5
MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE	6
1. Délimitation du sujet et premières pistes	6
2. Recherche du premier article sur l'OPAC de la BU de Lyon 1	6
3. Recherche sur CD-ROM	7
3.1. Bases de données bibliographiques : Biosis, Inspec, Pascal.....	7
3.2. Bases de données de sommaires : Current Contents.....	8
3.3. Equations de recherche et résultats	8
4. Recherche sur Internet	9
4.1. Recherche sur le World Wide Web.....	9
4.1.1. Annuaire	9
4.1.1.1. <i>Annuaire généralistes</i>	9
4.1.1.2. <i>Annuaire spécialisés</i>	9
4.1.2. Moteurs de recherche	9
4.1.3. Méta moteurs	10
4.1.4. Groupes de news.....	10
4.1.5. Sites fédérateurs ou gateways.....	11
4.1.6. Thèses	11
4.1.7. Brevets	11
4.1.8. Bases de données gratuites	11
4.1.9. Base de données commerciale hétérogène répartie.....	11
4.1.10. Equation de recherche et résultats	12
4.2. Recherche par telnet :	12
4.2.1. Recherche sur une base de donnée commerciale en ligne par le serveur Dialog	12
4.2.2. Présentation des bases pertinentes et résultats	13
4.3. Courrier électronique (e-mail)	17
5. Résultats de la recherche	17
6. L'acquisition des documents : CD-ROM Myriade et PEB	18
7. Derniers ajustements	19
8. Evaluation du temps et du coût de la recherche bibliographique	19
8.1. Estimation du temps.....	19
8.2. Estimation du coût	20
SYNTHÈSE	23
LE RADAR HARMONIQUE COMME TECHNIQUE DE PISTAGE DES PETITS ANIMAUX	23
1. La Technique	23

1.1. La cible.....	23
1.2. Le récepteur radar	23
2. Mise au point	24
3. Les possibilités offertes	24
4. Les problèmes posés	25
5. Le Matériel	25
5.1. Le récepteur	25
5.2. La cible.....	26
6. Les Exemples d'utilisation	26
7. Les Coûts recensés	27
8. Les Equipes de recherche	27
BIBLIOGRAPHIE	29
1. Référence des articles	29
2. Articles classés par ordre alphabétique	32
3. Sites web	36
ANNEXES	37

Introduction

Monsieur JOLY, enseignant -chercheur au laboratoire CNRS d'Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux à l'Université Claude Bernard Lyon 1 a retenu un article dont le sujet a attiré son attention. Cet article fait état d'une nouvelle technique de pistage des petits animaux : le radar harmonique ou harmonic radar en anglais.

M. JOLY et moi-même, nous sommes mis d'accord pour travailler ensemble et il m'a demandé de faire une recherche de documents concernant cette technique.

La présente recherche bibliographique vise donc à chercher des documents permettant de faire le point sur la technique, sur les possibilités qu'elle ouvre mais également les problèmes qu'elle pose.

Dans une première partie, je vais exposer la méthodologie de recherche documentaire suivie, avec les différents outils utilisés. Certaines des références récoltées feront l'objet de la deuxième partie : la synthèse. Mais toutes seront ensuite répertoriées dans la troisième partie : la bibliographie.

Méthodologie de recherche

Mon plan méthodologique de recherche documentaire repose en premier lieu sur le type de support des outils de recherche. J'ai également essayé de suivre l'ordre chronologique réel de la recherche. J'ai établi ce plan à l'avance, essentiellement grâce à trois documents¹ : le cours de M. LARDY donné à l'**enssib**, l'Initiation à la recherche d'information sur Internet de l'Urfist de Lyon [a] et Sapristi ! de Doc'INSA [b].

Il présente, par conséquent, des outils qui n'ont pas donné de résultat pertinent voire pas de résultat du tout.

Par ailleurs, j'ai choisi certains outils parmi la pléiade existante. Cela ne veut pas dire que ceux que j'ai choisis sont meilleurs, mais simplement, j'ai pris un exemple qui me paraissait intéressant dans chaque catégorie d'outils, pour sa popularité ou pour sa spécialisation.

1. Délimitation du sujet et premières pistes

L'article de départ [1] est un document que M. JOLY a retenu et qui est à l'origine de cette recherche bibliographique. Il est écrit en anglais et fait référence à des articles également en anglais.

D'après M. JOLY, les bases de données utilisables *a priori*, sont Biosis et Pascal.

2. Recherche du premier article sur l'OPAC² de la BU de Lyon 1

Avec la référence que m'a donné M. JOLY, j'ai interrogé le catalogue de la Bibliothèque Universitaire de Lyon 1 par le titre de périodique. Le document s'est avéré être à la réserve. J'en ai donc fait une copie. J'ai

¹ Les adresses des outils Internet se trouvent en annexe 1

² OPAC : Open Public Access Catalogue

également trouvé un article directement associé (qui figurait dans la bibliographie du premier) et se trouvant dans le même périodique. [2]

D'après ces articles, il ressort que les mots clés en anglais sont *a priori* :

- harmonic radar
- animal
- animal behavior

3. Recherche sur CD-ROM

La BU de Lyon 1 permet d'accéder librement à certains CD-ROM de base de données ; certains par l'intermédiaire de l'interface Webspirs (produite par SilverPlatter Information) ou uniquement, pour Pascal par exemple, à partir d'un poste à la BU (sites de la Doua ou de Rockefeller) par l'interface Winspils.

3.1. Bases de données bibliographiques : Biosis, Inspec, Pascal

Ce sont des bases indexées par des professionnels qui leur apportent une valeur ajoutée (descripteurs, résumés,...).

- Biosis est la forme électronique du journal Biological Abstracts contenant des références concernant tous les aspects de la biologie. La version en CD-ROM couvre la période de 1993 à nos jours. [c]
- Inspec est la version électronique (1969 à nos jours) de trois périodiques de Science Abstracts dont la publication papier remonte à 1898. Cette base couvre les sujets de physique, génie électrique, électronique, informatique, et les technologies de l'information. Sa mise à jour est hebdomadaire. [d]
- Pascal est une base multidisciplinaire des domaines des sciences et techniques produite par l'INIST qui fait partie du CNRS (version CD-ROM de 1989 à 2000). Sa mise à jour est trimestrielle. [e]

3.2. Bases de données de sommaires : Current Contents

Ce sont des bases qui ne sont pas indexées humainement et où l'information était dans un premier temps réduite au titre, auteur, source, et date de publication. Ensuite, ont été ajoutés des mots clés, un résumé, et des descripteurs quand ils étaient fournis par l'auteur.

- Les Current Contents (version CD-ROM 1998 à 2000) sont la version électronique des Current Contents papier produite par l'Institute for Scientific Information (ISI) depuis 1958. Elle couvre tous les domaines et sa mise à jour est hebdomadaire. [f]

3.3. Equations de recherche et résultats

- Biosis : "(HARMONIC RADAR)" dans tous les termes.
J'ai obtenu 5 réponses pertinentes [3, 4, 5, 6, 14] qui n'apparaissent pas si je choisis la même expression dans le titre (5 réponses) ou dans le sujet (silence total).
- Inspec : "(HARMONIC RADAR)" dans tous les termes.
J'obtiens 10 réponses dont 3 pertinentes [17, 18, 19] et 3 autres très techniques qui sont retenues mais seulement en liste complémentaire [25, 26, 27].
- Pascal: "LI=HARMONIC (+1W) LI=RADAR"
L'étoile marque la troncature à droite et (+1W) marque une proximité d'un terme entre les deux termes en majuscule.
J'obtiens deux réponses pertinentes sur les CD-ROM de 1998 et 1999. [5, 6]
- Current Contents : "(HARMONIC RADAR)" dans tous les termes.
J'ai obtenu 9 réponses dont 8 concernent le sujet en question [3, 4, 5, 6, 14, 20, 21, 22]. Si j'affine l'équation en recoupant avec ANIMAL, je n'obtiens plus aucune réponse.

En faisant rebondir ma recherche par l'interrogation par nom d'auteur, je retrouve les mêmes articles et ceux que j'obtiens en plus se révèlent non pertinents. Il apparaît donc qu'il ne faut pas tenter de restreindre l'équation de recherche avec d'autres descripteurs (comme animal ou animal behavior), le résultat de l'équation étant réduit au silence. Il vaut alors mieux éliminer les documents non pertinents par la suite, d'autant plus que le sujet est très pointu et que je récolte peu de références au total.

4. Recherche sur Internet

4.1. Recherche sur le World Wide Web

4.1.1. Annuaire

Ce sont des outils produits manuellement.

4.1.1.1. *Annuaire généralistes*

Ils signalent le maximum de sites à destination du grand public sur tous les sujets.

Yahoo (Yet Another Hierarchically Organized Oracle) est un annuaire généraliste (et un portail) anglophone américain créé en 1995 par deux étudiants californiens. J'ai interrogé sa version américaine mais aussi celle australo-néo-zélandaise [g].

4.1.1.2. *Annuaire spécialisés*

Les sites sont indexés selon un choix rigoureux par des spécialistes et classifiés grâce à un thésaurus.

Bubl [h] est un annuaire spécialisé produit par une bibliothèque écossaise, et dont les documents sont classés selon la classification de Dewey.

4.1.2. Moteurs de recherche

Ce sont des outils produits automatiquement par des logiciels robot qui signalent des pages web. Ils se distinguent par leur méthode de tri des documents.

- Le portail Altavista [i] trie ses résultats par pertinence. C'est à dire que le moteur calcule un score en fonction de l'occurrence, de la proximité et de la place des mots recherchés dans la page web (par exemple dans le titre).
- Google[j], créé par l'université de Stanford, effectue un tri par popularité : il calcule le nombre de liens qui pointent vers les pages web recherchées.
- Northern Light[k] trie les résultats obtenus par calcul dynamique de catégories. En fait, il crée des catégories à partir des termes qui leurs sont appariés.

4.1.3. Méta moteurs

Les méta moteurs sont des outils qui interrogent plusieurs annuaires et moteurs de recherche en même temps.

Copernic est un méta moteur client (à distinguer des méta moteurs en ligne) québécois [l]. Il récupère les résultats, élimine les doublons, les liens périmés et les trie par pertinence. Il affiche, pour la version en accès libre à télécharger sur son poste de travail, l'intitulé et la date de la requête, le nombre de documents trouvés, et pour chaque document : le titre, le score, une description sommaire, par quels moteurs le document a été trouvé et l'adresse Internet.

Dans Copernic, les annuaires et les moteurs regroupés sous la recherche "sur le web" sont au nombre de 14 et s'intitulent : altavista, direct hit, euroseek, excite, fast search, go.com, google, hot bot, lycos, MSN websearch, netscape, net centre, open directory project, webcrawler, et yahoo. Ceux regroupés sous la recherche "sur le web français" sont au nombre de 16 et s'intitulent : altavista france, euroseek, fast search, francité, google, hot bot, infoseek france, lokace, lycos france, nomade, snap, spray.fr, sympatico lycos, la toile du Québec, voila, et yahoo france.

4.1.4. Groupes de news

Deja.com [m] est une base particulière qui référence les échanges effectués sur les forums de discussion dans le monde. Elle permet de

retrouver des messages échangés sur les groupes de news par sujet en utilisant des formulaires de recherche. Le mieux est de chercher avec le formulaire de recherche avancée ou power search.

4.1.5. Sites fédérateurs ou gateways

Ce sont des sites produits par des spécialistes qui valident les liens vers les sites les plus intéressants dans chaque domaine.

Alpha Search [n] référence les sites dans 35 domaines.

4.1.6. Thèses

Le sujet n'a pas été développé en France mais j'ai quand même cherché sur deux sites contenant les thèses soutenues en France : Thesenet [o] et Cither[p] pour vérifier que ce n'est pas un sujet qui vient au devant de la scène.

4.1.7. Brevets

Le pendant de l'INPI [q] en France peut être Ibm patents [r] ou Upsto [s] aux Etats-Unis.

4.1.8. Bases de données gratuites

- Uncover est une base commerciale de livraison d'articles de périodiques produite par des bibliothèques universitaires américaines et recouvrant tous les domaines de 1987 à nos jours [t].
- Pubscience est un service de recherche bibliographique du Département de l'Energie de l'OSTI faisant partie du gouvernement américain (Office of Scientific and Technical Information) [u].

4.1.9. Base de données commerciale hétérogène répartie

C'est le type d'OCLC, serveur web payant qui permet d'interroger des bases de données locales ou distantes[v].

4.1.10. Equation de recherche et résultats

L'équation de recherche est la même pour tous les outils cités précédemment, car la recherche sur CD-ROM a montré qu'il ne fallait pas réduire le champ de recherche et ne conserver que les mots clés les plus utiles à savoir : "harmonic radar" en adaptant la syntaxe à chaque outil.

Yahoo, Bubl, Google, Northernlight et Copernic ("harmonic radar"), ainsi qu'Altavista ("harmonic NEAR radar"), ont donné beaucoup de réponses qui se résument à trois sites web intéressants [A, B, C]³ reliés plus au moins directement à la recherche en général sans donner d'articles en texte intégral. En revanche, ces sites donnent des références d'articles.

Il faudrait donc beaucoup plus de temps pour pouvoir définir avec quels descripteurs réduire la recherche pour que les résultats soient plus pertinents, et ce, pour chaque outil cité.

Uncover a donné 4 références d'articles pertinents [3, 5, 6, 7] et PubScience une [5], avec possibilité de les acheter, mais puisque nous avons accès à Dialog par la suite, à un tarif préférentiel d'apprentissage, je n'ai pas commandé ces références à ces sites.

Quant aux autres outils, ils n'ont pas donné de réponse pertinente (OCLC a donné des références datant des années 70 qui n'ont pas donné suite à des applications réelles, et qui, par conséquent n'ont pas été retenues) ou bien pas de réponse du tout (Deja.com, Alpha Search, les thèses et les brevets).

4.2. Recherche par telnet :

4.2.1. Recherche sur une base de donnée commerciale en ligne par le serveur Dialog

Dialog est un serveur américain de base de données créé en 1972 et basé en Californie. Il recense plus de 450 bases de données couvrant les domaines de l'économie, sciences et techniques, sciences humaines et sociales, le domaine juridique, et les outils documentaires. Les références

³ cf. bibliographie

sont sous formes diverses : article, brevet, texte intégral, résumé, répertoire, données numériques, image,....

Il y a plusieurs moyens d'accéder au serveur Dialog et j'ai choisi la connexion par telnet [w] qui est celle que nous avons utilisée en travaux pratiques à l'**enssib** et avec laquelle nous n'avons pas eu de problème de déconnexion spontanée.

Dialog s'interroge de façon professionnelle par l'intermédiaire du mode commande ou command search. A chaque base de donnée correspond une bluesheet qui constitue son mode d'emploi [x].

Dialog propose également une recherche par le Dialindex. Celui-ci permet de chercher des informations sur des grands domaines regroupant plusieurs bases de données. Il correspond au fichier 411 et forme l'index de Dialog. En sélectionnant une ou plusieurs super catégories, on peut déterminer quelles sont les bases les plus pertinentes pour une recherche donnée.

4.2.2. Présentation des bases pertinentes et résultats

J'ai choisi d'utiliser Dialindex car il permet de déterminer directement les bases les plus pertinentes et sachant que mon sujet est très restreint, ça semble être la meilleure solution pour ne pas perdre trop de temps.

La super catégorie retenue est allscience qui regroupe toutes les bases concernant les sciences.

L'équation de recherche en mode commande est transcrite ainsi (? est le prompt) :

?B 411	choix de Dialindex
?set detail off	les détails n'apparaissent plus
?SF ALLSCIENCE	choix de la super catégorie allscience
?S (harmonic(W)radar) AND animal	recherche S1
?SAVE TEMP	sauvegarde de la recherche S1
?B HITS	sélection de toutes les bases ayant un résultat à l'équation de recherche
?EXS	exécution de l'équation S1 : <u>38 documents</u>
?RD	élimination des doublons : <u>17 documents</u>
?S S1/DE, TI	équation S1 dans descripteurs ou titre : <u>16 documents</u>
?T S2/FULL/ALL	affichage en format complet de tous les documents

J'ai dû réduire la recherche avec le descripteur "animal" sinon les documents récoltés concernaient toutes les applications du radar harmonique et pas seulement celles en biologie.

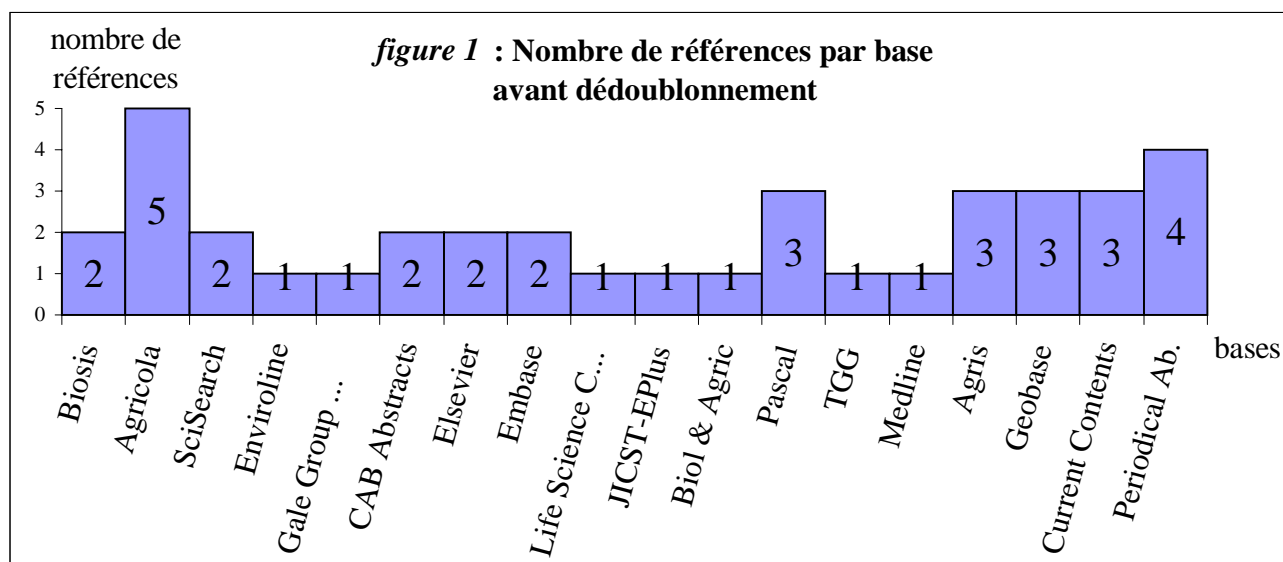
Avant élimination des doublons (RD), 18 bases sont retenues avec 38 références :

Base numéro de fichier Dialog	Description
Biosis previews 5	producteur : Biosis (USA) période couverte : 1969 à nos jours couverture géographique : international nombre de documents : 12.257.000 (en mai 2000) mise à jour : hebdomadaire
AGRICOLA 10	producteur : National Agricultural Library (USA) période couverte : 1970 à nos jours couverture géographique : international nombre de documents : 3.554.000 (en juin 2000) mise à jour : mensuelle
SciSearch 34	producteur : Institute for Scientific Information (USA) période couverte : 1990 à nos jours couverture géographique : international nombre de documents : 6.700.000 (en juin 1998) mise à jour : hebdomadaire
Enviroline 40	Producteur : Congressional Information Service Inc (USA) période couverte : 1975 à nos jours couverture géographique : international nombre de documents : 240.000 (en mars 1998) mise à jour : mensuelle
Gale Group Magazine Data Base 47	Producteur : The Gale Group (USA) période couverte : 1959-1970 et 1983 à nos jours (texte intégral) couverture géographique : US seulement nombre de documents : 3.553.000 (en janvier 1998) mise à jour : journalière
CAB Abstracts 50	Producteur : CAB International (UK) période couverte : 1972 à nos jours couverture géographique : international nombre de documents : 3.905.000 (en juillet 2000) mise à jour : mensuelle

ELSEVIER BIOBASE 71	producteur : Elsevier Science (USA) période couverte : 1994 à nos jours couverture géographique : international nombre de documents 725.459 (en décembre 1997) mise à jour : hebdomadaire
EMBASE 73	producteur : Elsevier Science (USA) période couverte : 1974 à nos jours couverture géographique : international nombre de documents 2.830.000 (en avril 2000) mise à jour : hebdomadaire
Life Sciences Collection 76	Producteur : Cambridge Scientific Abstracts (USA) période couverte : 1982 à nos jours couverture géographique : international nombre de documents : 1.600.000 (en décembre 1997) mise à jour : mensuelle
JCIST-Eplus 94	Producteur : Japan Science and Technology Corporation (Japan) période couverte : 1985 à nos jours couverture géographique : international nombre de documents : 3.413.000 (en mars 1998) mise à jour : bi-hebdomadaire
Wilson Biological and agricultural Index 143	Producteur : H.W. WILSON Company (USA) période couverte : 1983 à nos jours couverture géographique : international nombre de documents : 690.000 (en février 1998) mise à jour : mensuelle
Pascal 144	Producteur : INIST/CNRS (France) période couverte : 1973 à nos jours couverture géographique : international nombre de documents : 13.011.000 (en mai 2000) mise à jour : hebdomadaire
TGG Health & Wellness Data Base 149	Producteur : The Gale Group (USA) période couverte : 1976 à nos jours couverture géographique : international nombre de documents : 647.000 (en février 1998) mise à jour : hebdomadaire
MEDLINE 155	Producteur : US National Library of Medicine (USA) période couverte : 1966 à nos jours couverture géographique : international nombre de documents : 10.340.000 (en avril 2000) mise à jour : hebdomadaire

AGRIS 203	Producteur : US National Library of Medicine (USA) période couverte : 1975 à nos jours couverture géographique : international nombre de documents : 1.930.000(en mars 1998) mise à jour : mensuelle
GEOBASE 292	Producteur : Elsevier Science (USA) période couverte : 1980 à nos jours couverture géographique : international nombre de documents : 897.000(en décembre 1999) mise à jour : mensuelle
Current Contents Search 440	Producteur : Institute for Scientific Information(USA) période couverte : 1990 à nos jours couverture géographique : international nombre de documents : 9.873.000(en avril 2000) mise à jour : hebdomadaire
Periodical Abstracts Plustext 484	Producteur : Bell & Howell (USA) période couverte : 1986 à nos jours (texte intégral depuis 1992) couverture géographique : international nombre de documents : 4.200.000(en juin 2000) mise à jour : hebdomadaire

Le nombre de références obtenues par base peut être schématisé selon le graphe suivant :



On ne peut malheureusement pas déduire qu'une base est plus pertinente qu'une autre puisqu'il y a des doublons et que certaines bases n'ont qu'une référence.

Les bases retenues par Dialindex après dédoublement sont Biosis, Agricola, Enviroline, Gale Group Magazine DB, JICST Eplus, TGG Health & Wellness, Agris, Geobase et Periodical Abstracts Plustext pour 16 documents.

4.3. Courrier électronique (e-mail)

M. JOLY a exprimé le désir que j'écrive aux auteurs des articles pour leur demander des renseignements sur la technique du radar harmonique. J'ai donc utilisé les courriers électroniques cités sur les articles ou bien j'ai utilisé un des moteurs de recherche cités plus haut, pour rechercher les adresses des départements dont ils dépendent et utiliser leurs annuaires (j'ai noté les adresses électroniques sur les documents papier correspondants). Je leur ai donc demandé s'ils pouvaient me donner des références d'articles et s'ils travaillaient actuellement sur la technique. A part le Pr. RILEY du Natural Resources Institute Radar Unit de l'Université de Greenwich en Angleterre (annexe 2), aucun ne m'a répondu à ce jour.

Parallèlement, j'ai écrit à une entreprise (Televilt en Suède⁴) fabriquant des systèmes de radio tracking et qui est à même de produire la technique du radar harmonique, afin de savoir si les chercheurs qui lui sont associés dirigent leurs recherches vers cette technique. J'ai reçu une réponse négative qui confirme que le sujet est très pointu et concerne relativement peu de chercheurs à l'heure actuelle.

5. Résultats de la recherche

Après avoir recueilli toutes les références, j'ai éliminé les doublons entre les documents obtenus avec Dialog, les CD-ROM et Internet, et au final, j'ai récolté 29 références :

Moyen d'obtention	Nombres de références
M. JOLY	2
Dialog	16
CD-ROM	26
Internet	5

⁴ info@televilt.se

TOTAL	49
Total après dédoublement	29

Un fait étonnant est que les deux articles de départ [1] et [2] ne sont pas apparus dans les références récoltées lors de ma recherche.

Ensuite, M. JOLY et moi-même, avons lu ensemble le titre et le résumé de chaque article et nous avons éliminé les articles ne semblant pas pertinents selon ces critères :

	Nombre de références
Liste principale	24
Liste complémentaire	3
Non pertinentes	2

6. L'acquisition des documents : CD-ROM Myriade et PEB⁵

Le CD-ROM Myriade est accessible directement depuis l'**enssib** sur la base des CD-ROM disponibles en réseau.

Il permet de localiser un titre de périodique dans les bibliothèques de France. Certains périodiques se trouvent à Lyon et il suffit alors de se rendre sur place pour obtenir le document. Dans le cas où le titre se trouve dans une autre ville ou à l'étranger (*id.* il n'existe pas dans Myriade), il faut s'adresser au service du PEB de sa bibliothèque de rattachement, en l'occurrence Lyon 1. C'est un service qui n'est pas gratuit mais qui se charge de trouver la bibliothèque qui possède le titre en question et de transmettre une copie du document au demandeur.

Les références ont donc été obtenues par les moyens suivants :

	Nombres de référence
Copie à la BU Lyon1	5
PEB	12
Obtenues en plein texte	2
Non localisées par Myriade	4
Liste complémentaire	4

⁵ Prêt Entre Bibliothèques

Les articles non localisés par Myriade [5, 9, 11, 13], ou en liste complémentaire [12, 25, 26, 27], n'ont pas été commandés dans l'immédiat. Pour les articles non localisés par Myriade, j'ai essayé d'écrire à leurs auteurs pour qu'ils me fassent parvenir un exemplaire, mais je n'ai pas eu de réponse à ce jour.

7. Derniers ajustements

Avant de me lancer dans la synthèse, j'ai à nouveau fait un tri des références, en ajoutant à la liste complémentaire celles qui ne détaillent pas la technique du radar harmonique mais qui ne font que la citer.

	Nombre de références	Numéro des références
Liste principale	12	1, 2, 6, 7, 8, 14, 17, 18, 19, 21, 23, 24
Liste complémentaire	15	3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 20, 22, 25, 26, 27

Le plan de la synthèse a été établi en collaboration avec M. JOLY.

8. Evaluation du temps et du coût de la recherche bibliographique

8.1. Estimation du temps

En ce qui concerne le temps de recherche ou d'activités autour de la recherche, j'ai bénéficié d'une situation très favorable. Effectivement, le bureau de mon commanditaire se trouve sur le campus de la Doua, à 200 m de l'**enssib** et la Bibliothèque Universitaire se trouve, quant à elle, à 500 m.

Le temps mis pour chaque activité est estimé de façon approximative et arrondi pour plus de lisibilité :

		Temps estimé	
Rencontres avec M. JOLY		3 heures	dont les dialogues par courrier électronique
Recherche de départ sur l'OPAC de la BU Lyon 1		30 minutes	
CD-ROM		2 heures	
Internet	WWW	15 heures	dont 10 minutes pour l'équation retenue
	Dialog	30 minutes	
	E-Mail	1 heure	
Acquisition des documents		4 heures	

Tri des documents (dont dédoublement)	4 heures
Rédaction et mise en page de la méthodologie	30 heures
Lecture, rédaction et mise en page de la synthèse	30 heures
Rédaction et mise en page de la bibliographie	10 heures
Total	100 heures

D'autre part, les étudiants du DESS ont été initiés aux techniques de recherche documentaire en même temps que le lancement de nos recherches respectives. Il y a donc eu beaucoup d'essais pour se familiariser avec les outils, temps qui n'est pas comptabilisé ci-dessus mais qui reste acquis définitivement.

8.2. Estimation du coût

Le département de M. JOLY a pris à sa charge le coût du PEB, qui est de 28 F pour un document d'au plus 10 pages, donc de 336 F. pour 12 documents commandés.

Pour les documents acquis à la BU de Lyon 1, j'ai utilisé la carte de photocopie achetée en début d'année à l'**enssib** et j'ai utilisé 18 unités.

L'accès à Internet et aux CD-ROM est pris en charge par l'**enssib**, sachant qu'un abonnement CD-ROM coûte de 5000 à 150000 F HT par an selon le titre et le type de licence (réseau ou monoposte), et qu'Internet nécessite une installation informatique adaptée.

Pour Dialog, le coût d'interrogation dépend du type d'abonnement souscrit et de plusieurs facteurs : le temps passé à la recherche, les commandes employées, les références visualisées, les bases de données consultées. A l'**enssib**, nous avons bénéficié d'un accès spécial d'apprentissage, et le coût de la recherche estimé d'après le décompte fourni lors de la déconnexion est de :

Après la commande "b 411" :

```

$0.25      0.164 DialUnits FileHomeBase
$0.25      Estimated cost FileHomeBase
$0.02      TELNET
$0.27      Estimated cost this search
$0.27      Estimated total session cost    0.164 DialUnits

```

Après la commande "b hits" :

```
$1.03      0.686 DialUnits File411
  $1.03 Estimated cost File411
  $0.10 TELNET
  $1.13 Estimated cost this search
  $1.40 Estimated total session cost    0.851 DialUnits
```

Et après la commande "logoff" de fin de session, le détail donné par base est :

```
$0.04      0.026 DialUnits File5
          $0.00  2 Type(s) in Format  9
          $0.00  2 Types
  $0.04 Estimated cost File5
          $0.02   0.013 DialUnits File10
          $0.00  4 Type(s) in Format  9
          $0.00  4 Types
  $0.02 Estimated cost File10
          $0.03   0.020 DialUnits File34
  $0.03 Estimated cost File34
          $0.01   0.007 DialUnits File40
          $0.00  1 Type(s) in Format  9
          $0.00  1 Types
  $0.01 Estimated cost File40
          $0.02   0.015 DialUnits File47
          $0.00  1 Type(s) in Format  9
          $0.00  1 Types
  $0.02 Estimated cost File47
          $0.02   0.013 DialUnits File50
  $0.02 Estimated cost File50
          $0.02   0.013 DialUnits File71
  $0.02 Estimated cost File71
          $0.02   0.015 DialUnits File73
  $0.02 Estimated cost File73
          $0.01   0.009 DialUnits File76
  $0.01 Estimated cost File76
          $0.02   0.013 DialUnits File94
          $0.00  1 Type(s) in Format  9
          $0.00  1 Types
  $0.02 Estimated cost File94
          $0.02   0.011 DialUnits File143
  $0.02 Estimated cost File143
          $0.05   0.031 DialUnits File144
  $0.05 Estimated cost File144
          $0.53   0.356 DialUnits File149
          $0.00  1 Type(s) in Format  9
          $0.00  1 Types
  $0.53 Estimated cost File149
          $0.02   0.011 DialUnits File155
  $0.02 Estimated cost File155
          $0.77   0.512 DialUnits File203
          $0.00  2 Type(s) in Format  9
          $0.00  2 Types
  $0.77 Estimated cost File203
          $0.02   0.015 DialUnits File292
          $0.00  2 Type(s) in Format  9
```

```
$0.00  2 Types
$0.02  Estimated cost File292
$0.03   0.020 DialUnits File440
$0.03  Estimated cost File440
$0.04   0.024 DialUnits File484
      $0.00  2 Type(s) in Format  9
      $0.00  2 Types
$0.04  Estimated cost File484
      OneSearch, 18 files,  1.122 DialUnits FileOS
$0.15  TELNET
$1.84  Estimated cost this search
$3.24  Estimated total session cost  1.973 DialUnits
```

Conclusion

Bien que la recherche sur Internet donne des références pertinentes, l'interrogation de Dialog reste encore le moyen le plus rapide d'obtenir le maximum de références concernant un sujet. Par ailleurs, les CD-ROM font presque double emploi avec Dialog mais permettent d'affiner la stratégie de recherche à un moindre coût.

Synthèse

Le radar harmonique comme technique de pistage des petits animaux

Le radar harmonique est une technique de pistage d'animaux dont la taille ne permet pas d'utiliser les techniques classiques comme le radio tracking. Le but de cette synthèse est de pouvoir reproduire cette technique et de l'adapter à des amphibiens de petite taille.

1. La Technique

Le système est constitué d'une cible qui est fixée sur l'animal étudié et d'un récepteur.

1.1. La cible

La cible est un transpondeur harmonique qui est constitué d'un conducteur non linéaire, une diode dans ce cas précis, couplé à une antenne. Cet ensemble forme la balise, ou tag en anglais, qui sera identifiée par le récepteur.

Quand cette cible est illuminée par un rayon radar, des courants de fréquences harmoniques du signal émetteur sont générés et sont réémis. Le signal retourné diffère des radiations des autres objets et de la végétation, et la balise peut alors être détectée [24].

1.2. Le récepteur radar

Le récepteur détecte la radiation générée par la cible à des fréquences qui sont les harmoniques de la fréquence d'émission [17, 19], même en la présence de parasites (clutter) [17, 21].

En pratique, il détecte le signal réfléchi et le transforme en un signal audio. Effectivement, ce type de récepteur a été développé à l'origine pour localiser les victimes des avalanches [14].

2. Mise au point

La référence de base sur le radar harmonique date de 1967 [23] et les premières applications sur des animaux ont été faites dès 1986 [8], en utilisant non pas le radar harmonique à proprement parler, mais une technique proche : le détecteur de direction harmonique (harmonic direction finder). Pourtant, l'amalgame entre les deux techniques, utilisant toutes les deux le principe énoncé plus haut, est souvent fait.

Le radar harmonique fournit des informations sur la direction et la portée (range) [24]. Effectivement, RADAR est l'acronyme de Radio Detection And Ranging. Quant à lui, le détecteur de direction harmonique n'est pas purement du radar et permet seulement de mesurer la direction (annexe 2 et [24]).

Cette technique n'est utile que pour localiser des cibles stationnaires ou bougeant très lentement et sur quelques mètres, alors que le radar harmonique permet de suivre des animaux sur des distances de plusieurs centaines de mètres, et d'évaluer la distance parcourue, la direction, et le tracé [7].

3. Les possibilités offertes

L'énergie de la cible provient du rayon radar qui l'illumine. Le système n'a donc pas besoin d'une source d'énergie propre. Ce qui permet d'une part, de suivre l'animal marqué indéfiniment (dans l'absolu) et d'autre part, de construire une cible de taille extrêmement petite et adaptée à la capacité de l'animal étudié pour la porter [6, 17]. Il peut donc être utilisé même chez des animaux qui s'enfouissent dans le sol [8] ou bien chez des animaux cryptiques, tout en perturbant au minimum leur habitat [14].

Par ailleurs, et contrairement au radar simple où les échos du radar sur les aspects du terrain et la végétation tendent à absorber les faibles signaux renvoyés par les animaux suivis, le radar harmonique permet de suivre les cibles même en présence forte de parasites [7, 18, 19].

D'autre part, la fréquence de travail ne semblait pas dangereuse ni pour l'opérateur ni pour l'animal équipé de la cible [8].

4. Les problèmes posés

Certains objets fait par l'homme (boites de conserve, clôture en métal, ...) peuvent créer un bruit de fond. Mais ce problème peut facilement être minimisé par l'expérience d'utilisation du récepteur [14].

D'autre part, l'eau ainsi que l'humidité peuvent atténuer le signal et parallèlement, certaines espèces de végétaux peuvent induire un faux signal [14].

Par ailleurs, le radar harmonique ne permet pas d'identifier individuellement les animaux équipés, car le signal réfléchi n'est pas spécifique. Il faut alors leur apposer des marques pour les identifier une fois repérés. Dans le cas où l'expérience nécessite que des mesures soient faites, il faut de toutes façons manipuler l'animal [14] une fois localisé.

Enfin, le matériel n'est pas standard et la technique n'est pas commercialisée directement. Il faut donc construire soi-même la cible et utiliser des récepteurs déjà existants pour les appliquer à cette technique. Ensuite, il faut tester le tout en fonction de l'animal étudié.

5. Le Matériel

5.1. Le récepteur

Deux sortes de récepteur ont été utilisées parmi les chercheurs qui détaillent leur matériel dans leurs articles.

Le premier type provient de la société RECCO (Recco Rescue Systems, Suède) : son poids est de 8 kg, et il transmet une fréquence microonde continue de 917 MHz à partir d'une antenne Yagi portable [1, 14, 24].

Le second type a été construit par les auteurs, qui sont affiliés au NRI [A], et au IACR [C] : c'est un radar avec 3.2 cm de longueur d'onde, qui

transmet des impulsions de 25 kW et de 0.1 μ s de durée, à une fréquence de répétition de 2 kHz, et dont le récepteur a été réglé pour recevoir les harmoniques de 1.6 cm en retour [6]. Il peut y avoir une antenne parabolique de transmission de 1.5 m de diamètre [6], ou deux antennes : celle de transmission plus une antenne de réception qui mesure 0.7 m [2]. La ou les deux paraboles tournent selon l'azimut à 20 révolutions par minute. Les distances de réception varient entre 2 m et 13 m [14], et 250 m [7].

5.2. La cible

Les cibles sont propres à chaque expérience et sont adaptées à l'animal suivi.

La portée de détection dépend du type de diode utilisé dans la construction de la cible, et la forme et la taille de l'antenne connectée à la diode [14].

Les diodes utilisées sont du type Schottky [7, 14, 24]. Elles proviennent des entreprises Recco [14] ou Hewlett Packard [14, 24] et réémettent le signal, pour celle utilisées avec le récepteur Recco, à un harmonique de 1830 MHz [8, 14].

Les antennes peuvent être formées de fil de cuivre (circulaire ovale ou rectangulaire de longueurs allant 0 à 20 cm [14]), de fer élastique[7] ou non [14].

La cible est fixée avec de la colle spéciale sur le dos de l'animal, et son poids varie entre 0.7 g et 1.25 g pour des escargots terrestres [14], 3 mg pour des insectes [7, 17] et 4 mg pour des petits serpents [24]. Ce qui représente entre 1.5% et 10% de leur poids total.

6. Les Exemples d'utilisation

Le radar harmonique a été essentiellement utilisé chez les insectes :

lépidoptères : papillons [1, 6],

hyménoptères : abeilles [2, 3, 7], bourdons [7, 16, 20, 22],

coléoptères : carabes [8, 12, 14, 16], doryphores [17, 18].

Il a également été utilisé pour étudier d'autres espèces comme :

les reptiles : serpents [9, 24] ou

les petits invertébrés comme les gastéropodes : escargots terrestres [13, 14].

7. Les Coûts recensés

Peu d'articles mentionnent les coûts liés à l'achat du matériel. Toutefois, le récepteur Recco coûte environ 6 400 \$ à l'achat [24], avec une possibilité de location pour quelques mois ([8] à vérifier auprès de l'entreprise). Et les diodes coûtent environ 4 \$ chacune.

8. Les Equipes de recherche

Les équipes majeures travaillant sur le radar harmonique sont deux équipes anglaises [2, 3, 5, 6, 7, 20, 21, 22] :

- Natural Resources Institute (NRI [A]) Radar Unit à l'Université de Greenwich, dirigée par le professeur J.R. RILEY et,
- IACR-Rothamsted dirigée par le professeur I. WILLIAMS.

Les autres équipes qui ont écrit des articles sur des applications du radar harmonique en biologie du comportement sont :

- Canadiennes :

Université d'Alberta et Université Acadia [1],

Université du New Brunswick en collaboration avec le Potato Research Center [17, 18],

Université de Victoria et Université de British Columbia [24]

- Suédoises :

Université suédoise des Sciences de l'Agriculture à Uppsala [8, 16],

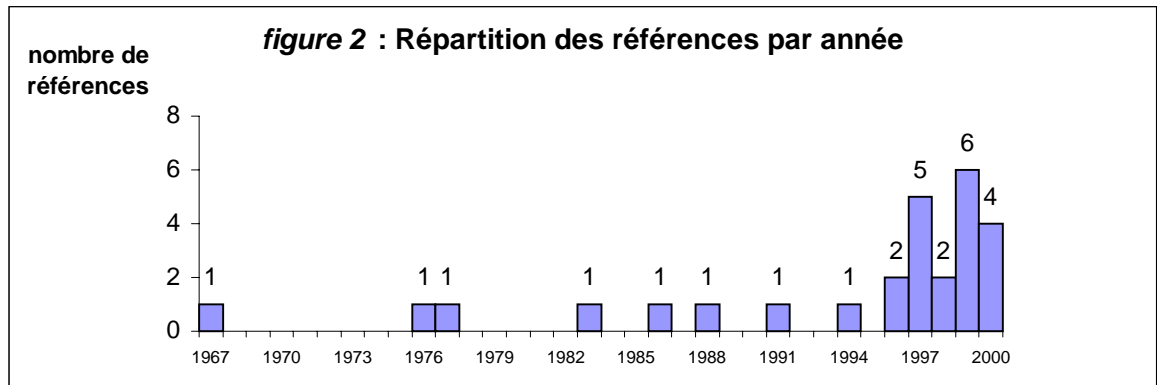
- Australiennes :

Université de Sydney [9].

- et Néo-zélandaises :

Université de Massey [14].

Ces équipes ont essentiellement produit des articles à partir de 1996 (cf. *fig. 2*).



Avant cette date, ce sont essentiellement des articles traitant de la technique en elle-même qui sont publiés et moins des applications directes en biologie du comportement.

Conclusion

L'étude des différents articles montre qu'il est d'une part difficile de décrire un modèle standard, et que d'autre part, il est nécessaire d'adapter le radar harmonique à l'espèce que l'on veut suivre. La technique est en pleine expansion, et plusieurs groupes de recherche pourraient apporter les connaissances techniques manquantes avec une éventuelle collaboration.

Bibliographie

Dans cette partie, j'ai tout d'abord recensé les articles dans l'ordre où je les ai récoltés, avec une numérotation pour un accès facilité à la lecture du rapport. Puis, je les ai classés par ordre alphabétique selon le modèle utilisé habituellement dans les articles scientifiques. Enfin, j'ai cité les sites web intéressants.

1. Référence des articles

- 1 **ROLAND J., McKINNON G., BACKHOUSE C., et al.** Even smaller radar tags on insects. *Nature*, 1996, 381, p.120.
- 2 **RILEY J.R., SMITH A.D., REYNOLDS D.R., et al.** Tracking bees with harmonic radar. *Nature*, 1996, 379, p.29-30.
- 3 **CAPALDI E. A., SMITH A.D., OSBORNE J. L., et al.** Ontogeny of orientation flight in the honeybee revealed by harmonic radar. *Nature*, 2000, 403 (6769), p.537-540.
- 4 **KUTSCH W.** Telemetry in insects : The "intact animal approach". *Theory in Biosciences*, 1999, 118 (1), p.29-53.
- 5 **OSBORNE J.L, CLARK S.J, MORRIS R.J., et al.** A landscape-scale study of bumblebee foraging range and constancy using harmonic radar. *The Journal of Applied Ecology*, 1999, 36 (4), p.519-533.
- 6 **RILEY J.R., VALEUR P., SMITH A.D., et al.** Harmonic radar as a means of tracking the pheromone-finding and pheromone-following flight of male moths. *Journal of insect behavior*, 1998, 11(2), p.287-296.

- 7 **OSBORNE J.L., WILLIAMS I.H, CARRECK N.L., et al.** Harmonic radar : a new technique for investigating bumblebee and honeybee foraging flight. *Acta horticultura*, 1997, 437, p.159-163.
- 8 **MASCANZONI D., WALLIN H.** The harmonic radar : a new method of tracing insects in the field. *Ecological entomology*, 1986, 11 (4), p.387-390.
- 9 **WEBB J., SHINE R.** A field study of spatial ecology and movements of a threatened snake species, *Holocephalus bungaroides*. *Biology conservation*, 1997, 82 (2), p.203-218.
- 10 **CALDWELL M.** The wired butterfly : the world's tiniest tags are making a Rocky Mountain butterfly - and its ecology - easier to follow. (The Apollo butterfly). *Discover*, 1997, 18 (2), p.40-47.
- 11 **KAWASAKI K.** Tracking of ground-dwelling insects by harmonic radar. *Plant protection (Shokubutsu Boeki)*, 1988, 42 (8), p.380-381.
- 12 **NAL.** Relations between pests and parasites and predators in agricultural ecosystems. *NAL*, 1994, 2, p.74-92.
- 13 **JANSSEN B., PLACHTER H.** The use of harmonic radar for research on the mobility of small invertebrates. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie*, 1997, 28, p.217-223.
- 14 **LOVEI G.L., STRINGER I.A.N, DEVINE C.D. et al.** Harmonic radar - a method using inexpensive tags to study invertebrate movement on land. *New Zealand Journal of Ecology*, 1997, 21 (2), p.187-193.
- 15 **MILIUS S.** Bees lop flight distances, train with maps. *Science News*, 2000, 157 (6), p.87.

- 16 **FIRLE S., BOMMARCO R., EKBOM B., et al.** The influence of movement and resting behavior on the range of three carabid beetles. *Ecology*, 1998, 79 (6), p.2113-2122.
- 17 **COLPITTS B.G., LUKE D.M., BOITEAU G.** Harmonic radar for insect flight pattern tracking. *2000 Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, 2000, 1, p.302-306.
- 18 **COLPITTS B.G., LUKE D.M., BOITEAU G., et al.** Harmonic radar identification tag for insect tracking. *1999 Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, 1999, 2, p.602-605.
- 19 **FLEMMING M.A., MULLINS F.H., WATSON A.W.D.** Harmonic radar detection systems. *Radar 1977 IEE*, 1977, p.552-557.
- 20 **CRESSWELL J.E., OSBORNE J.L., GOULSON D.** An economic model of the limits to foraging range in central place foragers with numerical solutions for bumblebees. *Ecological Entomology*, 2000, 25 (3), p249-255.
- 21 **CARRECK N.L., OSBORNE J.L., CAPALDI E.A., et al.** Tracking bees with radar. *Bee World*, 1999, 80 (3), p.124-131.
- 22 **RILEY J.R., REYNOLDS D.R., SMITH A.D., et al.** Compensation for wind drift by bumblebees. *Nature*, 1999, 400 (6470), p.126.
- 23 **VOGLER J.G., MAGUIRE D.J., STEINHAUER A.E.** DINADE – a new interrogation, navigation and detection system. *Microwave Journal*, 1967, 10 (6), p.2-6.

- 24 **ENGELSTOFT C., OVASAKA K., HONKANEN N.** The harmonic direction finder : a new method for tracking movements of small snakes. *Herpetological Review*, 1999, 30 (2), p.84-87.
- 25 **MAAS A.P.M., GROOTERS R.** Single FET X-band pulsed power DRO. *Conference Proceedings. 21st European Microwave Conference*, 1991, vol. 2, p. xxv+v+1579.
- 26 **WATSON A.W.D.** Improvements in the suppression of external nonlinearities ('rusty bolt' effects) which affect naval radio systems. *IEEE 1983 International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, 1983, p.157-60.
- 27 **HARGER R.O.** Harmonic radar systems for near-ground in-foliage nonlinear scatterers. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 1976, vol. AES-12, no.2, p.230-45.

2. Articles classés par ordre alphabétique

- 10 **CALDWELL M.** The wired butterfly : the world's tiniest tags are making a Rocky Mountain butterfly - and its ecology - easier to follow. (The Apollo butterfly). *Discover*, 1997, 18 (2), p.40-47.
- 3 **CAPALDI E. A., SMITH A.D., OSBORNE J. L., et al.** Ontogeny of orientation flight in the honeybee revealed by harmonic radar. *Nature*, 2000, 403 (6769), p.537-540.
- 21 **CARRECK N.L., OSBORNE J.L., CAPALDI E.A., et al.** Tracking bees with radar. *Bee World*, 1999, 80 (3), p.124-131.

- 18 **COLPITTS B.G., LUKE D.M., BOITEAU G., et al.** Harmonic radar identification tag for insect tracking. *1999 Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, 1999, 2, p.602-605.
- 17 **COLPITTS B.G., LUKE D.M., BOITEAU G.** Harmonic radar for insect flight pattern tracking. *2000 Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, 2000, 1, p.302-306.
- 20 **CRESSWELL J.E., OSBORNE J.L., GOULSON D.** An economic model of the limits to foraging range in central place foragers with numerical solutions for bumblebees. *Ecological Entomology*, 2000, 25 (3), p249-255.
- 24 **ENGELSTOFT C., OVASAKA K., HONKANEN N.** The harmonic direction finder : a new method for tracking movements of small snakes. *Herpetological Review*, 1999, 30 (2), p.84-87.
- 16 **FIRLE S., BOMMARCO R., EKBOM B., et al.** The influence of movement and resting behavior on the range of three carabid beetles. *Ecology*, 1998, 79 (6), p.2113-2122.
- 19 **FLEMMING M.A., MULLINS F.H., WATSON A.W.D.** Harmonic radar detection systems. *Radar 1977 IEE*, 1977, p.552-557.
- 27 **HARGER R.O.** Harmonic radar systems for near-ground in-foliage nonlinear scatterers. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 1976, vol. AES-12, no.2, p.230-45.
- 13 **JANSSEN B., PLACHTER H.** The use of harmonic radar for research on the mobility of small invertebrates. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie*, 1997, 28, p.217-223.

- 11 **KAWASAKI K.** Tracking of ground-dwelling insects by harmonic radar. *Plant protection (Shokubutsu Boeki)*, 1988, 42 (8), p.380-381.
- 4 **KUTSCH W.** Telemetry in insects : The "intact animal approach". *Theory in Biosciences*, 1999, 118 (1), p.29-53.
- 14 **LOVEI G.L., STRINGER I.A.N, DEVINE C.D. et al.** Harmonic radar - a method using inexpensive tags to study invertebrate movement on land. *New Zealand Journal of Ecology*, 1997, 21 (2), p.187-193.
- 25 **MAAS A.P.M., GROOTERS R.** Single FET X-band pulsed power DRO. *Conference Proceedings. 21st European Microwave Conference*, 1991, vol. 2, p. xxv+v+1579.
- 8 **MASCANZONI D., WALLIN H.** The harmonic radar : a new method of tracing insects in the field. *Ecological entomology*, 1986, 11 (4), p.387-390.
- 15 **MILIUS S.** Bees lop flight distances, train with maps. *Science News*, 2000, 157 (6), p.87.
- 12 **NAL.** Relations between pests and parasites and predators in agricultural ecosystems. *NAL*, 1994, 2, p.74-92.
- 5 **OSBORNE J.L, CLARK S.J, MORRIS R.J., et al.** A landscape-scale study of bumblebee foraging range and constancy using harmonic radar. *The Journal of Applied Ecology*, 1999, 36 (4), p.519-533.
- 7 **OSBORNE J.L., WILLIAMS I.H, CARRECK N.L., et al.** Harmonic radar : a new technique for investigating bumblebee and honeybee foraging flight. *Acta horticultura*, 1997, 437, p.159-163.

- 2 **RILEY J.R., SMITH A.D., REYNOLDS D.R., et al.** Tracking bees with harmonic radar. *Nature*, 1996, 379, p.29-30.
- 6 **RILEY J.R., VALEUR P., SMITH A.D., et al.** Harmonic radar as a means of tracking the pheromone-finding and pheromone-following flight of male moths. *Journal of insect behavior*, 1998, 11(2), p.287-296.
- 22 **RILEY J.R., REYNOLDS D.R., SMITH A.D., et al.** Compensation for wind drift by bumblebees. *Nature*, 1999, 400 (6470), p.126.
- 1 **ROLAND J., MCKINNON G., BACKHOUSE C., et al.** Even smaller radar tags on insects. *Nature*, 1996, 381, p.120.
- 23 **VOGLER J.G., MAGUIRE D.J., STEINHAUER A.E.** DINADE – a new interrogation, navigation and detection system. *Microwave Journal*, 1967, 10 (6), p.2-6.
- 26 **WATSON A.W.D.** Improvements in the suppression of external nonlinearities ('rusty bolt' effects) which affect naval radio systems. *IEEE 1983 International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, 1983, p.157-60.
- 9 **WEBB J., SHINE R.** A field study of spatial ecology and movements of a threatened snake species, *Holocephalus bungaroides*. *Biology conservation*, 1997, 82 (2), p.203-218.

3. Sites web

- A Natural Resources Institute Radar Unit – University de Greenwich Angleterre : <http://www.nri.org/PMD/Radar/Radar.htm> [visité le 23/02/2001]

- B The Australian Defence Force Academy School of Physics: <http://www.ph.adfa.edu.au/a-drake/trews/> [visité le 23/02/2001]

- C Institute of Arable Crops Research   Rothamsted en Angleterre: <http://www.iacr.bbsrc.ac.uk/res/depts/entnem/research/twilfgrp.html> [visité le 23/02/2001]

Annexes

Annexe 1 : Adresses Internet des outils de recherche documentaire	I
Annexe 2 : Réponse du Pr. RILEY	III

Annexe 1 : Adresses Internet des outils de recherche documentaire

- a **LARDY J.P.**.Risi : Recherche d'information sur l'Internet, Outils et Méthodes. [on-line]. Paris : ADBS. [visité le 06/11/2000]. Available from Internet : URL :
<http://www.adbs.fr/adbs/sitespro/lardy/toc.htm>
- b Sapristi ! : Sentiers d'Accès et Pistes de Recherche d'Informations Scientifiques et Techniques sur l'Internet. [on-line]. Villeurbanne : INSA. [visité le 06/11/2000]. Available from Internet : URL :
<http://csidoc.insa-lyon.fr/sapristi/digest.html>
- c biosis : <http://cdrom.univ-lyon1.fr:8590/> [visité le 01/12/2000]
- d inpsec : <http://cdrom.univ-lyon1.fr:8590/> [visité le 01/12/2000]
- e pascal : sur place à la BU Lyon1
- f current contents : <http://cdrom.univ-lyon1.fr:8590/> [visité le 01/12/2000]
- g yahoo US : <http://www.yahoo.com/> [visité le 08/12/2000]
yahoo Australia & NZ : <http://au.yahoo.com/> [visité le 08/12/2000]
- h bubl : <http://bubl.ac.uk/link/search.html>[visité le 08/12/2000]
- i altavista : <http://www.altavista.com/> [visité le 08/12/2000]
- j google : <http://www.google.com/> [visité le 08/12/2000]
- k northernlight : <http://www.northernlight.com/> [visité le 08/12/2000]
- l copernic : <http://www.copernic.com/> version 2000 gratuite à télécharger sur son ordinateur [visité le 01/12/2000]
- m deja.com (racheté par google début 2001) : <http://groups.google.com/> [visité le 04/12/2000]
- n alphasearch : <http://www.calvin.edu/library/searreso/internet/as/> [visité le 04/12/2000]
- o thesenet : <http://thesenet.abes.fr/>[visité le 05/12/2000]
- p cither : <http://csidoc.insa-lyon.fr/these/index.html> [visité le 05/12/2000]
- q inpi : <http://www.inpi.fr/> [visité le 07/12/2000]

r upsto : <http://164.195.100.11/netahhtml/search-adv.htm> [visité le
07/12/2000]
s ibm patents : <http://www.delphion.com/advquery/> [visité le
07/12/2000]
t uncover : <http://uncweb.carl.org/> [visité le 13/12/2000]
u pubscience : <http://pubsci.osti.gov/srchfrm.html> [visité le 13/12/2000]
v OCLC : en accès gratuit au centre de documentation Doc'INSA [visité
le 12/01/2001]
w Dialog par DialogLink installé sur les ordinateurs de l'**enssib**
x bluesheets de Dialog : <http://library.dialog.com/bluesheets/html/>
[visité le 04/12/2000]

- Sites web

- A Natural Resources Institute Radar Unit – University de Greenwich
Angleterre : <http://www.nri.org/PMD/Radar/Radar.htm> [visité le
23/02/2001]
- B The Australian Defence Force Academy School of Physics:
<http://www.ph.adfa.edu.au/a-drake/trews/> [visité le 23/02/2001]
- C Institute of Arable Crops Research   Rothamsted en Angleterre:
<http://www.iacr.bbsrc.ac.uk/res/depts/entnem/research/twilfgrp.html>
[visité le 23/02/2001]

Annexe 2 : Réponse du Pr. RILEY

Date: Mon, 18 Dec 2000 12:54:08 +0000
To: Laure-Lou Perrier <perrier@enssib.fr>
From: Joe Riley <jriley@nriradar.demon.co.uk>
Subject: Re: need for information about harmonic radar

Dear Laure-lou,

1. Thanks for your enquiry..

>As a first approach, I've read ,with major interest, your article titled :
>Tracking bees with harmonic radar.
>
>And I was wondering if you could tell me all the articles you wrote using this
>technique (I know one of the latest is : A landscape-scale study of bumble-bee
>foraging range and constancy using harmonic radar)

2. Two of our recent publications are: Capaldi et al. (2000), "Ontogeny of orientation flight in the honey bee revealed by harmonic radar", Nature 403, 537-540, and Riley et al. (1999) "Compensation for wind drift by bumble-bees", Nature 400, 126. Also there is Riley et al. (1998) "Harmonic radar as a means of tracking the pheromone-finding & pheromone-following flight of male moths", J. Insect Behav. 11, 287-296. No one else has used harmonic radar to track insects in flight, as far as I know.

3. Other workers have used hand-held harmonic direction finders to find settled or burrowing insects (these authors DESCRIBE their equipment as radar but in fact, its actually not, because it doesn't measure range (RADAR = Radio Detection And Ranging). E.g Mascanzoni & Wallin (1986) "The harmonic radar: a new method of tracing insects in the field.", Ecol. Entomol. 11, 387-390, and Roland et al. (1996) "Even smaller radar tags on insects.", Nature 381, 120.

4. The original reference about the technical concept of harmonic radar is: Vogler et al. (1967) "DINADE - New interrogation, navigation and detection system.", Microwave J. 10, 2-6.

> and maybe give me some links

5. There are 3 web sites that you could look at that refer to harmonic radar and have pictures of the equipment:

www.nri.org/pmd/radar/radarlink.htm

www.ph.adfa.edu.au/a-drake/trews/ (also for general radar entomology)

www.iacr.bbsrc.ac.uk/res/depts/entnem/research/wilfgrp/radar/tradar.ht

>to other people or references (articles, preprints, patents, proceedings,
>dissertations,...)you judge relevant for my search.

6. There are no patents on the subject, but many popular articles that really don't give any useful information. There are no technical articles on the topic, apart from the Vogler paper, and three MSc Theses from the University of North Dakota from the late 1970's, but these are out of date, and did not lead to a working radar.

7. Perhaps of more direct relevance to your own aquatic application, is the use of harmonic direction finding to trace reptiles. See for example Engelstoft et al. (1999) "The harmonic direction finder: a new method for tracking movements of small snakes." Herpetological Review 30, 84-87. Prof. Christian Engelstoft's email address is alula@mail.islandnet.com

8. Please let me know of any publications or reports that might eventually come from Prof. Joly's work using the technique, or if he is interested in any collaborative work.

Best wishes,

Joe Riley

--

Prof. Joe Riley, M.A.(Oxon), D.Phil.(Oxon), F.IEE, C.Eng.
NRI Radar Unit, University of Greenwich, Malvern, Worcs., WR14 1LL, UK
Tel: +44-(0)1684-582193 Fax: +44-(0)1684-582984
jriley@nriradar.demon.co.uk / J.R.Riley@greenwich.ac.uk