

## Technique d'enregistrement et d'analyse des signaux vibratoires intervenant dans les comportements des araignées sédentaires

par R. LEBORGNE et B. KRAFFT\*

### Résumé

L'utilisation d'un capteur piézo-électrique, de deux oscillographes, et d'un enregistreur magnétique à modulation de fréquence nous permet d'enregistrer et de restituer sur une toile, les différents ébranlements provoqués par les araignées ou d'éventuelles proies.

Nous montrons grâce à des vibrations artificielles que notre technique est utilisable de 0,25 à 400 Hertz, gamme de fréquence contenant les signaux vibratoires décrits antérieurement par d'autres auteurs.

Les toiles d'*Amaurobius ferox* et de *Tegenaria parietina* transmettent, sans déformation notable de forme, les vibrations sinusoïdales de 0,25 à 400 Hz.

Un changement des tensions de la toile influe sur l'amplitude mais non sur la forme et la fréquence du signal. Ceci ne doit pas nuire à l'étude des phénomènes vibratoires puisqu'un individu sur la toile modifie, par son poids et ses déplacements, les tensions de celle-ci.

Cette technique nous a permis d'enregistrer des signaux émis par des mâles d'*Amaurobius ferox* et de *Tegenaria parietina*, déposés sur les toiles de femelles.

### Summary

The use of a piezo electric pick-up, two oscillographs and a magnetic recorder with frequency modulation, has made it possible to record the vibratory signals emitted by spiders or preys and to make restitution of these signals onto the web.

Thanks to artificial vibrations, it has been shown that this technique is usable from 0.25 to 400 Hertz, a range of frequencies that contains the vibratory signals previously

\* Adresse des auteurs: Laboratoire de Biologie du Comportement, Université de Nancy I, case officielle 140, 54037 Nancy cedex.

described by other authors.

The webs of *Amaurobius ferox* and *Tegenaria parietina* transmit sinusoidal vibrations from 0.25 to 400 Hertz without notable deformation.

Changing the web's tensions has an effect on the amplitude but not on the shape and frequency of the signal. This should not be prejudicial to the study of vibratory phenomena since an individual on the web modifies the web's tensions by its own weight and its displacings.

Using this technique we have recorded signals emitted by males of *Amaurobius ferox* and *Tegenaria parietina* introduced onto females' webs.

## Introduction

L'analyse des communications chez les araignées, plus particulièrement réalisée chez les araignées errantes a surtout mis en relief des mécanismes visuels et chimiques. Pourtant la toile, prolongement des organes sensoriels des araignées sédentaires (TURNBULL, 1973) est aussi un moyen de communication (WITT, 1975). Elle sert entre autre à véhiculer les phénomènes vibratoires de l'environnement et plus spécialement ceux émanant des congénères ou des proies.

L'utilisation de ces vibrations comme canal d'information par certaines araignées, est mise en évidence par les expériences d'ébranlement artificiel de la toile qui déclenche le comportement prédateur (BOYS, 1880; BARROWS, 1915; RABAUD, 1922; BAYS, 1962; LE GUELTE, 1962). Elle s'observe aussi dans les relations intra et interspécifiques (NORGAARD, 1956; TRETZEL, 1963; BUSKIRK, 1975; KRAFFT, 1975). Cependant peu d'auteurs ont étudié les signaux vibratoires produits par des proies (LIESENFELD, 1956; WALCOTT, 1963; PARRY, 1965) ou des congénères (TRETZEL, 1963; KRAFFT, 1977; KRAFFT & coll., 1978).

La technique que nous présentons, par ses possibilités d'enregistrement, d'analyse et de restitution, nous permet d'aborder l'étude de ces signaux naturels et des communications vibratoires chez les araignées sédentaires.

## I. Matériel et techniques

### 1) Matériel

Les toiles de *Tegenaria parietina* (araignées Ecribellates, élevées dans des cadres en bois de 30x28,5x13<sup>cm</sup>) et d'*Amaurobius ferox* (araignées Cribellates, élevées dans des boîtes en plastique de 16x9x8<sup>cm</sup>), nous ont permis de tester notre technique qui se compose du matériel suivant:

a) Une table anti-vibration construite au laboratoire, supprime la majorité des vibrations parasites transmises par le sol de la pièce où ont lieu les enregistrements.

b) Un capteur-transducteur piézo-électrique prolongé par une aiguille entomologique mise en contact avec la toile détecte les variations de tension. L'ensemble est fixé sur un micromanipulateur.

c) Deux oscillographes Praxigraph II TRTTI Alvar, l'un est utilisé pour l'enregistrement et la lecture, l'autre pour la restitution sur une toile de signaux enregistrés.

Ce sont des enregistreurs à encre possédant deux chaînes d'amplification et d'inscription et six vitesses de déroulement du papier (2,5 - 5 - 10 - 15 - 30 - 60 mm/s).

d) Un enregistreur magnétique à modulation de fréquence MP 5421 Schlumberger, capable d'enregistrer tous les types de signaux de 0 à 5 khz en modulation de fréquence et de 100 Hz à 75 Hz en enregistrement direct.

Il possède 4 vitesses (4,75 - 9,5 - 19 - 38 cm/s), 4 pistes et une voie phonie. Grâce à cette dernière, nous sommes en mesure d'enregistrer un commentaire simultanément aux événements vibratoires liés aux comportements observés.

e) Un vibreur (haut-parleur prolongé d'une tige légère) recevant les signaux d'un générateur de fonctions IG 1271 F HEATHKIT permet de tester les réponses du système.

## 2) Technique d'enregistrement (fig. 1)

Un oscillographe qui trace sur une voie les réponses du capteur, sert également de préamplificateur pour l'enregistreur magnétique qui stocke les informations.

La tête de lecture de ce dernier, placée après celle d'enregistrement, permet de renvoyer immédiatement les données à l'oscillographe qui les visualise alors par sa seconde voie. Ce montage rend possible le contrôle et le réglage des amplifications des phénomènes en cours d'enregistrement.

Pour les lectures ultérieures des bandes magnétiques, les différentes vitesses de ces deux appareils (oscillographe et enregistreur magnétique) permettent une inscription des signaux à des vitesses allant de 2,5 à 480 mm/s. Nous sommes donc en mesure d'analyser des vibrations atteignant 400 Hz alors que l'oscillographe seul nous limitait à 70 Hz.

## 3) Technique de restitution (fig. 1)

Les phénomènes vibratoires enregistrés par la méthode précédente peuvent être restitués sur une toile.

Les signaux de la bande magnétique sont envoyés simultanément dans deux oscillographes. La première voie du premier oscillographe permet de contrôler cette restitution. Un galvanomètre du second oscillographe est démonté, sa plume en contact avec la toile sert de vibreur. La seconde voie du premier oscillographe visualise les réponses du capteur aux signaux après transmission par la toile.

La comparaison des deux tracés permet d'apprécier la fidélité de restitution de notre système et les capacités de transmission de la toile.

## II. Résultats

Avant d'entreprendre l'étude des vibrations naturelles émanant de congénères ou de proies, nous avons testé notre technique en utilisant des vibrations sinusoïdales artificielles dont les caractéristiques sont connues.

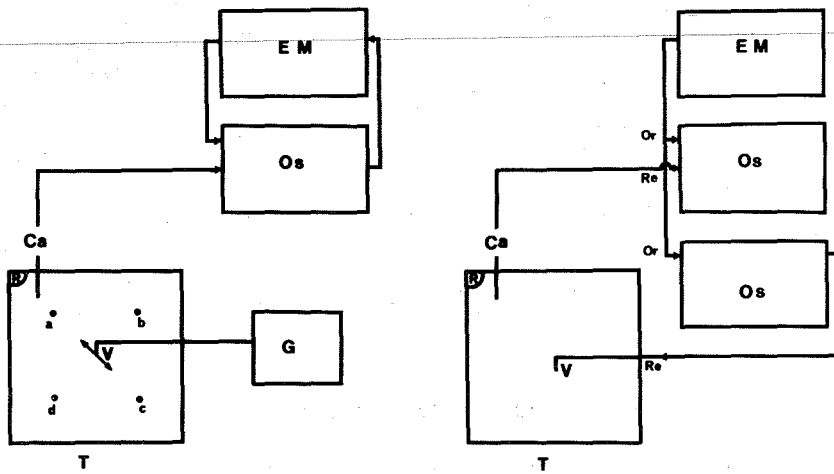


Figure 1. — A gauche: technique d'enregistrement et d'utilisation de vibrations artificielles. — A droite: technique de restitution.

(Ca: capteur. — EM: enregistreur magnétique. — G: générateur de fonctions. — Or: signal original. — Os: oscillographe. — R: retraite de l'araignée. — Re: signal restitué. — T: toile. — V: vibreur. — a, b, c, d: différentes positions des poids (voir texte)).

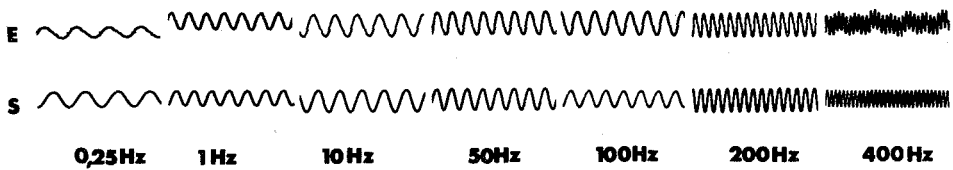


Figure 2. — Enregistrement de vibrations sinusoidales appliquées directement sur le capteur. (E: réponse du capteur. — S: signal original à la sortie du générateur)

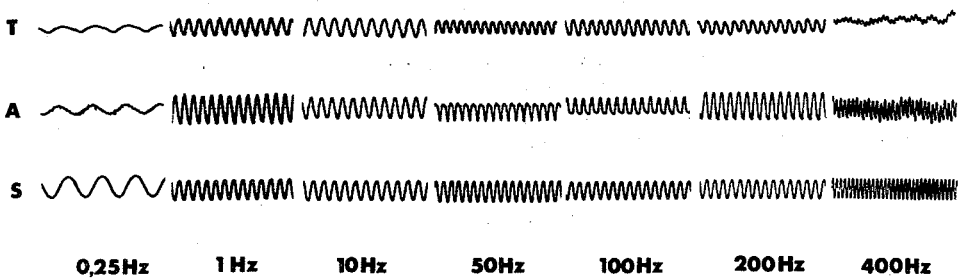


Figure 3. — Transmission de vibrations sinusoidales par des toiles. (S: signal original à la sortie du générateur. — A: signal capté sur une toile d'*Amaurobius ferox*. — T: signal capté sur une toile de *Tegenaria parietina*)

Notre but est de contrôler d'éventuelles déformations du signal original dûes soit au capteur, soit à la toile, et de savoir si une légère tension telle que nécessite la mise en place du capteur, modifie les caractéristiques d'un signal émis sur la toile.

### 1) Réponses du capteur à des vibrations sinusoidales qui lui sont appliquées directement

Les signaux issus du générateur de fonction sont envoyés simultanément dans une voie de l'enregistreur magnétique pour servir de contrôle et dans le vibreur haut-parleur dont la tige est en contact avec la pointe du capteur. Les réponses de ce dernier entrent dans la deuxième voie.

La lecture de la bande magnétique (fig. 2) montre qu'entre 0,25 et 400 Hz, les signaux sont captés sans distorsion notable de forme et de fréquence. Par contre l'amplitude des signaux varie avec la fréquence, ce qui nécessite un réajustement des amplifications. Ceci résulte des réponses en amplitude du haut-parleur et du capteur en fonction de la fréquence.

### 2) Transmission de vibrations sinusoidales par les toiles

Dans son utilisation pour l'étude des phénomènes vibratoires chez les araignées, le capteur exerce une légère traction sur la toile. Ces changements de tension de la toile transforment-ils ses caractéristiques de transmission ?

#### a) Transmission de vibrations sinusoidales par des toiles non modifiées.

Pour cette étude, nous avons utilisé les toiles très différentes de *Tegenaria parietina* et d'*Amaurobius ferox*.

Nous procédons comme précédemment mais la tige du vibreur haut-parleur est mise en contact avec la toile alors que le capteur est placé près de la retraite de l'araignée, dans l'axe du vibreur.

L'examen des tracés (fig. 3) montre que ces toiles transmettent des vibrations sinusoidales de 0,25 à 400 Hz sans déformation importante, sans modification de fréquence et que notre capteur est en mesure d'enregistrer ces vibrations véhiculées par la toile. Dans une direction donnée, la distance qui sépare le capteur du vibreur n'influe que sur l'amplitude du signal enregistré comme le montre les tracés de la figure 4 obtenus à partir de vibrations sinusoidales de fréquence 10 Hz et d'amplitude constante.

#### b) Influence de déformations de la toile sur la transmission de vibrations sinusoidales.

##### *Poids placé sur une toile de Tegenaria parietina.*

Pour les vibrations de fréquence 2 et 10 Hz d'amplitude constante, des poids de 0,01 g à 1 g déposés en différents endroits de la toile (a,b,c,d, fig. 1) ne modifient pas le signal si ce n'est en amplitude (fig. 5).

##### *Tension appliquée en un point de la toile de Tegenaria parietina et d'Amaurobius ferox.*

Grâce à un système de balancier, nous avons exercé des tractions d'environ 1 g sur des toiles.

Pour *T. parietina* cette force est appliquée dans le plan de la toile soit parallèlement

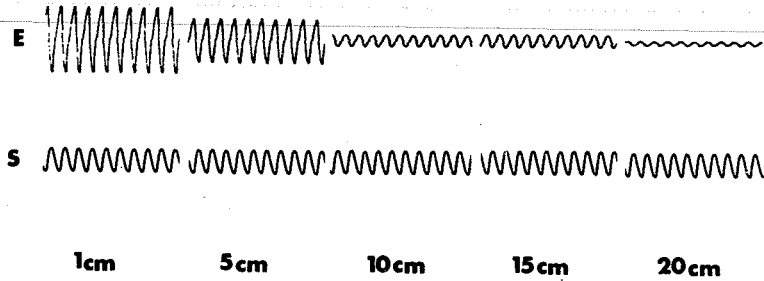


Figure 4. — Enregistrement à différentes distances du vibreur, de vibrations sinusoïdales appliquées sur une toile de *Tegenaria parietina*. (E: signal capté. — S: signal original à la sortie du générateur: 10 Hz amplitude constante)

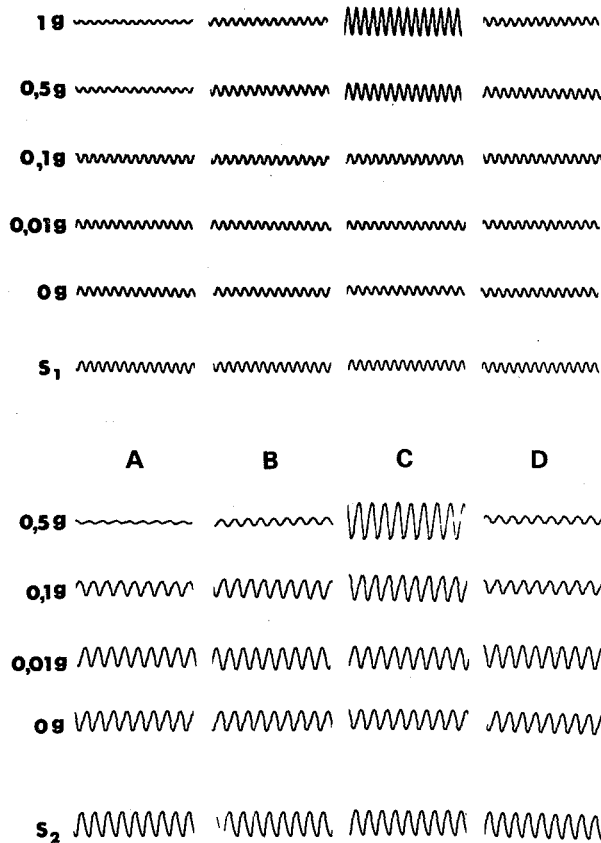


Figure 5. — Influence de différents poids placés en différents endroits a, b, c, d (voir figure 1) d'une toile de *Tegenaria parietina*. (S<sub>1</sub>: signal original à la sortie du générateur, 2 Hz amplitude constante. — S<sub>2</sub>: signal original à la sortie du générateur, 10 Hz amplitude constante. — 0g: signal enregistré sur la toile sans poids. — 0,01g, 0,1g, 0,5g, 1g: signaux enregistrés pour ces différents poids)

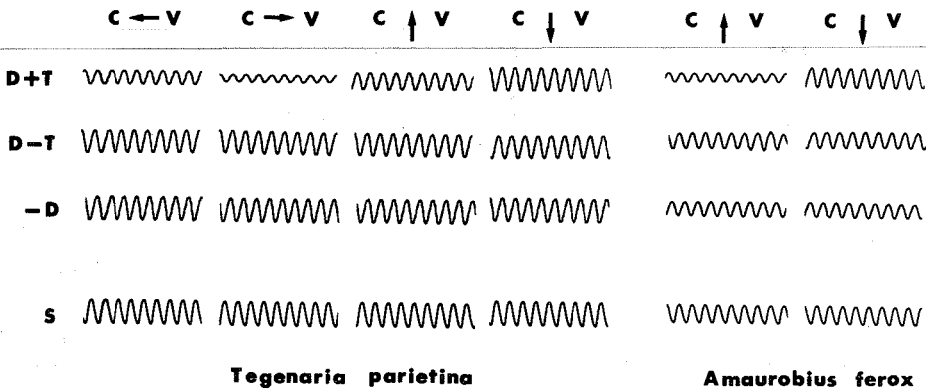


Figure 6. — Influence d'une traction d'environ 1 g exercée sur des toiles de *Tegenaria parietina* et d'*Amaurobius ferox*. (S: signal original à la sortie du générateur, 10 Hz amplitude constante. — D: signal enregistré sur la toile sans dispositif. — D-T: signal enregistré sur la toile avec dispositif mais sans traction. — D+T: signal enregistré sur la toile avec dispositif et traction. — C←V: traction parallèle à l'axe capteur-vibreur orienté vers le capteur. — C→V: traction parallèle à l'axe capteur-vibreur orientée vers le vibreur. — C↑V: traction perpendiculaire à l'axe capteur-vibreur orientée vers l'intérieur de la toile. — C↓V: traction perpendiculaire à l'axe capteur-vibreur orientée vers l'extérieur de la toile)

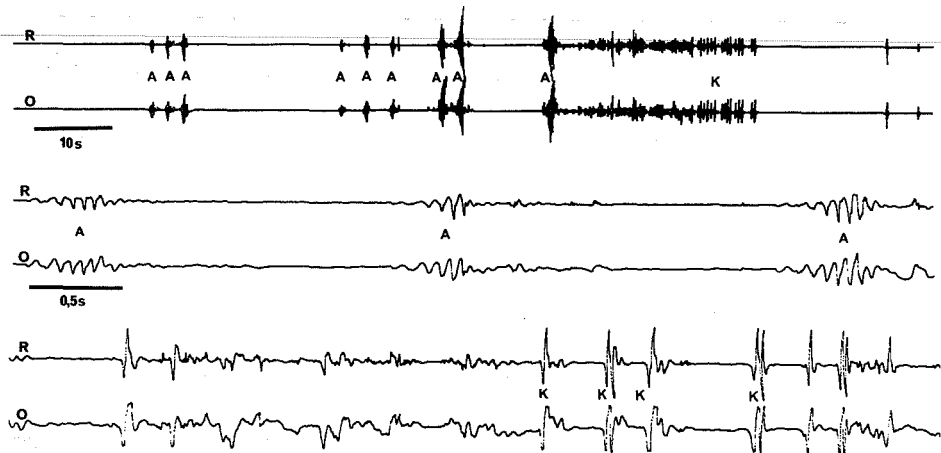


Figure 7. — Signaux émis par un mâle d'*Amaurobius ferox* placé sur une toile de femelle. (A: vibrations de l'abdomen. — D: tambourinage des pédipalpes. — K: coups de pédipalpes. — V: vibrations d'abdomen suivant le tambourinage (D))

à l'axe capteur-vibreur vers le capteur ou à son opposé, soit perpendiculairement à cet axe vers l'intérieur ou l'extérieur de la toile.

Pour *A. ferox*, cette force n'a pu être testée que perpendiculairement à cet axe.

L'influence de cette traction pour les vibrations sinusoïdales de 10 Hz d'amplitude constante, ne se manifeste que par des variations d'amplitude du signal, sans changement de forme ni de fréquence (fig. 6). La transformation des tensions et du poids de la toile ne semble pas changer fondamentalement ses caractéristiques de transmission. Notre système ne doit donc pas transformer la nature même des signaux émis par des congénères ou des proies. Pour l'animal récepteur, notre intervention sur la toile se traduit tout au plus par une légère perturbation des amplitudes des ébranlements.



**Figure 8.** — Signaux émis par un mâle de *Tegenaria parietina* placé sur une toile de femelle. (A: vibrations d'abdomen. — K: coups d'abdomen sur la toile. — O: signaux originaux enregistrés lors de la confrontation mâle-femelle. — R: signaux enregistrés lors de la restitution des originaux (O))

### 3) Enregistrement des vibrations naturelles

La technique exposée nous permet d'enregistrer des vibrations émises par des congénères sur la toile.

A titre d'exemple, nous avons recueilli les ébranlements produits par des mâles de *T. parietina* et d'*A. ferox* placés sur la toile de la femelle

#### a) *Amaurobius ferox* (fig. 7)

Un mâle déposé sur une toile de femelle manifeste des mouvements de pédipalpes et d'abdomen. Les pédipalpes frappent la toile soit simultanément, soit l'un après l'autre rapidement sous forme de tambourinage. L'abdomen vibre de haut en bas. Ces mouvements semblent s'organiser en séquences répétitives dans lesquelles les coups de pédipalpes précèdent un tambourinage suivi immédiatement d'une vibration de l'abdomen. Mais on observe parfois des vibrations d'abdomen ou des coups de pédipalpes, isolés par rapport à ces séquences.

#### b) *Tegenaria parietina* (fig. 8)

Les comportements les plus caractéristiques et répétitifs d'un mâle sur une toile de femelle sont des vibrations d'abdomen et des coups d'abdomen sur la toile.

### 4) Restitution de vibrations naturelles enregistrées

Nous avons testé les possibilités de restitution de notre système à partir d'un enregistrement des comportements d'un mâle de *T. parietina* posé sur une toile de femelle. Les ébranlements dûs au mâle sont restitués par la méthode précédemment exposée.

La comparaison des tracés du signal original et de celui restitué (fig. 8) montre que nous sommes en mesure de reproduire fidèlement des ébranlements naturels.



### Discussion

1) La technique exposée permet d'enregistrer des signaux vibratoires véhiculés par les toiles très diverses des araignées sédentaires. La mise en place du capteur ne correspond qu'à une légère modification de la tension de la toile. Nos résultats montrent que des changements de tension de la toile ne modifient pas la transmission des vibrations si ce n'est en amplitude. Ces variations d'amplitude ne doivent pas altérer la valeur informative des signaux pour l'animal récepteur, dans la mesure où les congénères ou les proies sur une toile sont à l'origine de telles modifications du fait de leur propre poids et de leurs déplacements. D'ailleurs nous avons pu observer et enregistrer le comportement sexuel complet avec accouplement chez *T. parietina*.

Il est probable que la reconnaissance d'un mâle par une femelle se fait à partir de caractéristiques relativement constantes des signaux telles leur fréquence, leur rapport d'amplitude plutôt qu'à partir de l'amplitude absolue.

2) Les études électrophysiologiques montrent que la sensibilité des araignées aux vibrations peut atteindre des fréquences élevées.

Ainsi les organes sensoriels d'*Achaearanea tepidariorum* réagissent à des fréquences allant de 20 à 10.000 Hz (WALCOTT, 1963), et ceux des araignées du genre *Tegenaria* entre 600 et 4.000 Hz (LIESENFELD, 1961).

Par contre toutes les données concernant le déclenchement de la prédation par des vibrations artificielles et celles analysant les mouvements des proies possibles, indiquent des fréquences plus basses. Le comportement prédateur peut être obtenu pour des vibrations de 85 à 400 Hz chez *Zilla x-notata* (LE GUELTE, 1962), de 24 à 300 Hz chez *Epeira scopetaria* (BARROWS, 1915), de 16 à 1.024 Hz chez *Araneus* (SZLEP, 1963), de 100 à 512 Hz chez des Argiopides et pour des fréquences de 256 et 435 Hz chez des Agelenides (RABAUD, 1922).

Des blattes posées sur des toiles de Tégénaires, provoquent des vibrations de l'ordre de 50 Hz (PARRY, 1965). GREENWALT (1962) donne les fréquences des battements d'ailes chez certains insectes, elles s'échelonnent de 35 (*Aeschna juncea*) à 360 Hz (*Aedes aegypti*).

Si la gamme de fréquence que couvre notre système (0,25 à 400 Hz) peut paraître faible par rapport aux résultats électrophysiologiques, elle est en accord avec les données comportementales.

Compte-tenu de ces considérations, nous estimons être en mesure d'aborder les problèmes des communications vibratoires chez les araignées sédentaires. La restitution de signaux naturels et l'emploi de signaux artificiels apparenté à la technique des leurres, nous permettra de déterminer les composantes utiles des différents signaux émis sur une toile par les congénères ou les proies.

### Bibliographie

- BARROWS, W.M., 1915. — The reactions of an orb-weaving spider, *Epeira scopetaria* Clerck, to rhythmic vibrations of its web. — *Biol. Bull.*, 29 : 316-332.
- BAYS, S.M., 1962. — A study of the training possibilities of *Araneus diadematus* Cl. — *Experientia*, 18 : 423.

- BOYS, C.V., 1880. — The influence of a tuning-fork on the garden spider. — *Nature*, **23**: 149.
- BUSKIRK, R.E., 1975. — Aggressive display and orb defence in a colonial spider, *Metabus gravidus*. — *Anim. Behav.*, **23**: 560-567.
- GREENWALT, C.H., 1962. — Dimensional relationships for flying animals. — *Smithson. misc. Collns*, **144** (2): 1-46.
- KRAFFT, B., 1975. — La tolérance réciproque chez l'Araignée sociale *Agelena consociata*. — *Proc. 6<sup>th</sup> Int. Arachn. Congr. Amsterdam*: 107-112.
- KRAFFT, B., 1977. — The recording of vibratory signals performed by spiders during courtship. — *Symp. Zool. Soc. London*, **2**: 59-67.
- KRAFFT, B. & coll., 1978. — Contribution à l'étude des signaux intervenant lors du comportement sexuel d'Araignées du genre *Amaurobius*, *Coelotes* et *Tegenaria*. — *103<sup>ème</sup> Congr. Nat. Soc. Sav. Nancy* (à paraître).
- LE GUELTE, L., 1962. — Action des vibrations sinusoïdales sur le comportement de l'Araignée *Zilla x-notata*. — *Bull. Soc. Sci. Bretagne*, **37**: 267-269.
- LIESENFELD, F.J., 1956. — Untersuchungen am Netz und über den Erschütterungssinn von *Zygiella x-notata* Cl. (Araneidae). — *Zeit. vergl. Physiol.*, **38**: 563-592.
- LIESENFELD, F.J., 1961. — Über Leistung und Sitz des Erschütterungssinnes von Netzspinnen. — *Biol. Zentralbl.*, **80**: 465-475.
- NORGAARD, E., 1956. — Environment and behaviour of *Theridion saxatile*. — *Oikos*, **7** (2): 159-192.
- PARRY, D.A., 1965. — The signal generated by an insect in a spider's web. — *J. Exp. Biol.*, **43**: 185-192.
- RABAUD, E., 1922. — Recherches expérimentales sur le comportement de diverses Araignées. — *An. Psychol.*, **21**: 21-57.
- SZLEP, R., 1964. — Change in the response of spiders to repeated web vibrations. — *Behaviour*, **23** (3-4): 203-239.
- TRETZEL, E., 1963. — Die Sprache bei Spinnen. — *Umschau*, **13**: 403-407.
- TURNBULL, A.L., 1973. — Ecology of the true spiders (Araneomorphae). — *Ann. Rev. Entol.*, **18**: 305-348.
- WALCOTT, C., 1968. — The effect of the web on vibration sensitivity in the spider, *Achaearanea tepidariorum*. — *J. Exp. Biol.*, **40**: 595-611.
- WITT, P.N., 1975. — The web as means of communication. — *Biol. Sci. Commun.*, **1**: 7-23.