

# Que se disent les bêtes ?

---

Conférence de Nicolas Mathevon, professeur de Biologie à l'Université Jean Monnet de St Etienne.

L'équipe que dirige Nicolas Mathevon à St Etienne s'occupe de la communication acoustique chez l'animal, c'est-à-dire « comment les animaux communiquent par les sons ».

Ces recherches s'insèrent dans les études sur le comportement animal, études assez récentes, démarrées vers la fin des années 60 par trois pères fondateurs : Konrad Lorenz avec les oies cendrées, Carl von Frisch avec la danse des abeilles et Nicolas Tinbergen avec les signes acquis chez les mouettes.

Ce dernier a incité les chercheurs à sortir d'une démarche purement descriptive et à s'inscrire dans une démarche expérimentale comme le font les physiologistes, à poser des questions à l'animal et en attendre des réponses pour disséquer les systèmes et pour comprendre les processus biologiques.

Ces 3 personnes ont reçu un prix Nobel de physiologie et de médecine, en 1973, le seul décerné à l'éthologie, pour leurs découvertes concernant « l'organisation et la mise en évidence des modes de comportement individuel et social ».

Nikolaas Tinbergen (gauche) et  
Konrad Lorenz, en 1978



Carl von Frisch



Pour rentrer dans le vif du sujet, voilà un premier exemple de communication acoustique : une mère otarie rentre après 3 semaines d'absence utilisée à se nourrir. Elle doit retrouver son petit qui jeune aussi depuis 3 semaines. L'enjeu des retrouvailles est une question de vie ou de mort pour son petit et elle doit le retrouver parmi des centaines d'autres. La mère otarie a une voix bien individualisée ainsi que son petit et ils se retrouvent grâce à la voix avec en conclusion une vérification par voie olfactive.

## Quels sont les éléments de base de cette communication

Il faut d'abord un animal émetteur. Il doit fabriquer un signal sonore transportant de l'information. Ensuite ce son va se propager dans un milieu (air ou eau). Enfin il faut un animal récepteur qui doit réceptionner le signal et qui décode l'information portée par le signal. Si le signal est interprétable, l'animal récepteur peut avoir une réponse comportementale, sinon il ne réagit pas.

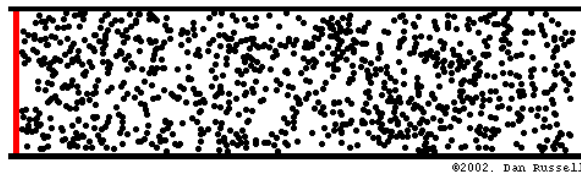
La communication acoustique est utilisée par les arthropodes (insectes, crustacés, etc.) et les vertébrés (oiseaux, mammifères, certains reptiles, les poissons, etc.). Mais la plupart des animaux n'utilisent pas ce type de communication alors que la communication chimique est utilisée par tout le monde.

**Pourquoi ? Pour répondre il faut se demander ce qu'est un son.**

Un son est une onde de pression qui se propage dans l'air, l'eau, le sol, etc.

*Le site internet suivant peut vous aider : <http://www.kettering.edu/physics/drussell/demos.html>*

*en vous présentant une animation sur une onde de pression.*

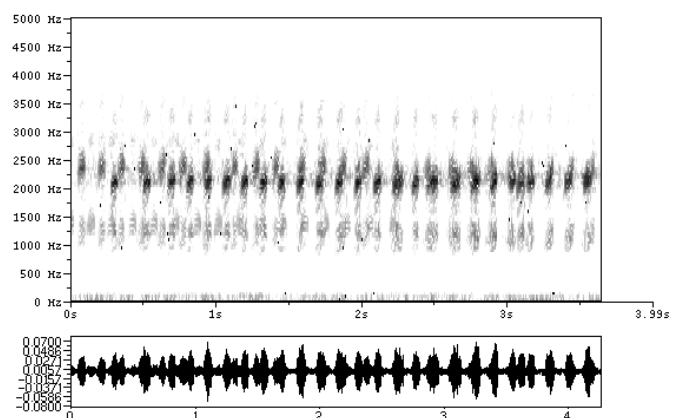
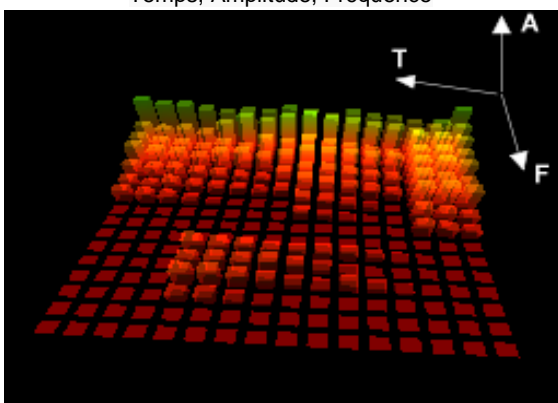


Chez les animaux, il existe 2 grands moyens de fabriquer un son, comme un instrument à corde, comme un instrument à vent. Le grillon a 2 élytres organisées de telle manière que l'une peut faire vibrer l'autre ; l'Homme expulse l'air des poumons et fait vibrer au passage des membranes (les « cordes vocales »).

A l'autre bout de la chaîne, il faut que le récepteur ait une oreille. La cigale produit des sons et elle possède aussi une oreille placée sur un des segments abdominaux, membrane qui répond aux ondes sonores. L'organe qui produit le son et celui qui le reçoit sont assez complexes, ce qui explique que la communication acoustique est peu utilisée dans le monde animal.

*Encore quelques indications sur le son. L'onde qui se propage se reproduit régulièrement dans le temps et l'espace : une tranche d'air soumise à une onde se déplace alternativement autour d'une position moyenne : un peu comme un danseur qui fait 2 pas en avant, 2 pas en arrière, 2 pas en avant, 2 pas en arrière, etc. Il oscille autour d'une position moyenne. La fréquence représente le nombre d'oscillations par seconde, en Hertz (Hz). Plus la fréquence est grande plus le son nous semble aigu et inversement plus grave. Les musiciens parlent de hauteur du son. Maintenant les pas peuvent être petits, on dira que l'amplitude est faible, ou grands et on dira que l'amplitude est grande. Nous avons une image du « volume », de l'intensité du son.*

Représentation 3D :  
Temps, Amplitude, Fréquence

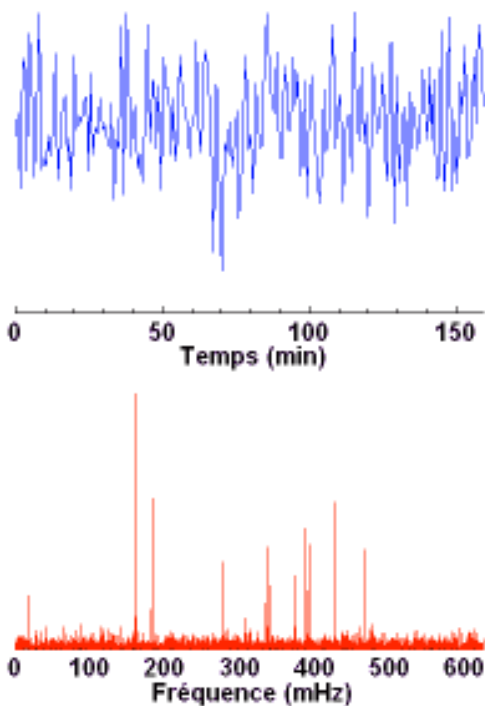


Sur l'image de droite, vous avez une représentation du cri d'une grenouille verte. En bas le graphique représente l'amplitude de l'onde émise par la grenouille au cours du temps (en 4 secondes) et en haut le sonagramme représente les fréquences du son émis au cours du temps. Le sonagramme du chant de la grenouille verte montre qu'à un instant donné l'animal émet un son qui est composé de plusieurs fréquences. La plus basse est appelée la fondamentale et les autres sont des harmoniques.

L'interprétation du graphique du bas n'est pas simple.

Il existe une transformation mathématique, la transformée de Fourier, qui permet de rendre plus compréhensible les sons complexes. Par exemple, cette transformée montre qu'un « la » d'une clarinette est l'addition d'un son simple de fréquence 440 Hz et de sons de fréquence double, triple, etc., de 440 Hz ; on parle d'harmoniques. L'amplitude de chaque harmonique détermine le timbre du son. La transformée de Fourier permet de débusquer la fréquence fondamentale et celles des harmoniques et leurs amplitudes et de ce fait de caractériser le son émis.

Voici un exemple d'utilisation de cette transformation



En haut la représentation de l'amplitude d'un signal au cours du temps (le temps est en abscisse)

En bas sa transformée de Fourier

La série temporelle (extrait donné en bleu) ne montre rien de définissable. Son spectre de Fourier dévoile en revanche les fréquences propres qui constituent le signal, en les distinguant clairement du bruit (les petits traits rouges)

Pour pouvoir coder un son, c'est-à-dire lui faire transporter des informations, on peut faire varier les qualités du son au cours du temps et il fallait d'abord les évoquer. (voir ci-dessus)

On peut faire varier la composition du spectre de sons utilisés, l'amplitude du son (plus ou moins fort) au cours du temps et c'est la modulation d'amplitude, les fréquences des sons (plus ou moins grave ou aigu) et c'est la modulation de fréquence.

Il faut ajouter à tout ça, un système nerveux cérébral capable de commander le codage des sons à l'émission et le décodage à la réception. Le tout est donc bien complexe.

### **Pourquoi les animaux utilisent-ils les sons ?**

Prenons l'exemple de la communication chez un oiseau marin, un puffin qui niche sur les îles de Méditerranée.



Cet oiseau passe sa journée en mer. Mais pour nicher il utilise les trous dans les falaises. La population dans ces falaises est très dense. Le problème est de retrouver son nid, lorsqu'on rentre de la mer, la nuit. Quand l'oiseau approche de la falaise, il émet des sons. L'occupant du nid répond pour guider son partenaire. Les 2 oiseaux peuvent ainsi se retrouver. L'expérience de vérification consistait à introduire dans le nid un H.P. qui émettait en « Play back » le cri du partenaire sensé être resté au nid.

Cette technique est très simple et permet de nombreuses expériences. On a le moyen d'intervenir et de poser des questions à l'animal : est-ce que tu reconnais ce signal, ce signal modifié, etc ? On peut ainsi savoir ce qui a du sens pour lui.

Le son a l'avantage de se transmettre à longue distance et dans un environnement à faible visibilité

### **Quels types d'information peuvent coder les signaux sonores ?**

Il y a d'abord l'identité de l'espèce. La plupart des vocalisations porte l'identité de l'espèce et en particulier les vocalisations propres à la reproduction : recherche d'un partenaire ou identification d'un compétiteur entre mâles.

La paruline à sourcil blanc est intéressante parce qu'elle vit dans des milieux forestiers très denses où les sons ont du mal à se propager.



Ces oiseaux sont monogames et chaque couple occupe un territoire défendu par le mâle, territoire d'environ 50 mètres de rayon et sur lequel il ne tolère la présence d'aucun autre mâle de son espèce. Cet oiseau émet un type de chant très simple : on part avec des notes très aiguës et on descend vers les graves. Le sonagramme ressemble donc à une droite descendante durant 5 à 6 secondes, avec des coupures. Si l'on enregistre ce chant à 100 mètres de l'émetteur, on n'entend plus que les graves en milieu forestier (le son est dispersé par le feuillage et les aigus sont absorbés).

L'information de l'identité de l'espèce est peut-être dans les graves. Pour le prouver, voilà comment on procède. On enregistre les chants de quelques parulines mâles pour vérifier que les chants sont très proches les uns des autres. On modifie ensuite un chant de paruline en modifiant l'inclinaison du sonagramme : on part de notes plus aiguës pour arriver à des notes plus graves ou etc. Le chant « moyen » est diffusé à la limite de 2 territoires et déclenche des réactions d'agressivité : c'est ce qui prouve qu'il est signifiant. Puis on diffuse des chants modifiés et on observe la réaction des mâles. Les chants modifiés qui respectaient l'inclinaison du sonagramme étaient reconnus : c'est donc cette inclinaison qui sert d'identifiant à l'espèce et non la partie grave du sonagramme

Par ailleurs il faut que les silences entre les notes ne soient pas trop longs. On voit donc à travers cet exemple que le milieu forestier dégrade le signal acoustique mais ne dégrade pas l'information essentielle qui est l'inclinaison du sonagramme.

Maintenant si l'on utilise le chant de paruline vivant à quelques kilomètres des oiseaux testés, on obtient des réponses agressives très fortes. Cela veut dire que les parulines connaissent leurs voisins immédiats et ne reconnaissent pas les parulines vivant plus loin. Il doit donc exister des différences dans le chant. Pour le prouver, on enregistre plusieurs fois le chant d'une même paruline et on réitère avec d'autres parulines. On s'aperçoit que l'inclinaison du sonagramme reste la même d'une paruline à l'autre mais que les notes sont égrenées d'une manière différente d'une paruline à l'autre. Le chant est donc aussi une carte d'identité pour chaque paruline.

Pour tester cette découverte, il suffit de modifier légèrement le chant d'une paruline et de placer le H.P. à la frontière de son domaine. Le voisin répond immédiatement en croyant entendre un intrus. Les oiseaux enregistrent donc aussi l'identité de leur voisin. Ces ruptures dans la première partie du signal qui identifie un individu disparaissent quand le signal se propage au loin dans la forêt. Cela signifie que le chant qui porte au loin ne sert qu'à identifier l'espèce et s'adresse aux femelles d'une manière générale pour les attirer. L'information individuelle qui se propage qu'à faible distance n'intéresse que les voisins et le partenaire reproducteur.

**Les oiseaux sont-ils des automates ? Les oiseaux sont-ils capables de répondre de façon plus subtile, par exemple en fonction de paramètres sociaux ? On va utiliser le diamant mandarin.**



Ces oiseaux monogames sont fidèles à vie. Ils vivent en groupe. Comment les oiseaux d'un même couple se reconnaissent-ils ? Les chercheurs ont constaté que la femelle reconnaissait immédiatement son mâle et que la réponse du mâle au chant de sa femelle dépendait de l'environnement social du mâle, c'est à dire que sa réponse ou sa non-réponse dépend du contexte social.

### **Les signaux sonores contiennent-ils d'autres informations que des informations identitaires ?**

Pour les cerfs, le brame change de tonalité avec l'âge avec la condition physique, etc. Les femelles savent décrypter les informations délivrées dans le brame.

### **Les relations mère-jeune**

#### **D'abord chez les crocodiles.**

Les mères pondent, enterrent leurs œufs, les surveillent environ 3 mois, les aident à éclore, les portent à l'eau et vont les surveiller et les protéger pendant des périodes assez longues. On peut enregistrer des cris des jeunes crocodiles dans l'œuf quelques jours avant l'éclosion. Est-ce que ces cris ont valeur de signaux ?

Les chercheurs ont enregistré des cris émis par quelques petits encore dans la coquille (en secouant un peu !). Ils ont ensuite fait entendre des cris divers et ceux de leurs congénères à d'autres œufs du même nid. Les réponses ne se font qu'aux cris des congénères. Ces cris sont accompagnés de mouvement interne dans l'œuf parfois assez violent pour briser la coquille.

Les cris d'éclosion ont valeur de signal pour déclencher des éclosions groupées dans le temps. A la ferme des crocodiles à Pierrelatte, un H.P était enterré sous une femelle qui pensait surveiller son nid. Au moment où l'on a commencé à diffuser des cris d'éclosion, la femelle s'est mise à creuser pour intervenir. Les cris contiennent donc aussi une information pour la mère. Mais ces cris ne contiennent pas de signature individuelle ni de signature d'espèce.

Les cris déclenchent chez la mère le début des soins parentaux : la mère aide les petits à sortir du sol, elle les porte à l'eau, etc.

*Vous pouvez retrouver un enregistrement sur ARTE Radio : LE LAMENTO DU CROCODILE*  
[http://www.arteradio.com/son/543830/le\\_lamento\\_du\\_crocodile/~cfanimaux%20musiciens:date\\_d\\_esc:1](http://www.arteradio.com/son/543830/le_lamento_du_crocodile/~cfanimaux%20musiciens:date_d_esc:1)

L'expérience s'est poursuivie au Guyana sur une autre espèce de crocodile. Les crocodiles étudiés vivent dans une rivière. Les familles constituées d'une mère avec ses petits (60 environ) s'étagent le long de la rivière à raison d'une famille par kilomètre. La mère éloigne tout autre caïman car ils mangent les petits. Les chercheurs ont enregistré les cris des petits qui jouaient dans 2 circonstances : les petits non perturbés et les petits agressés (on attrapait quelques petits et on les secouait un peu pour leur faire peur). Les enregistrements sonores étaient ainsi légèrement différents. Quand on réémet les cris avec un H.P. placé à quelques mètres des petits, on a 2 réponses différentes. Avec les cris des petits non perturbés, la mère ne bouge pas et les petits se regroupent autour du HP. Avec les cris des petits agressés, la mère réagit immédiatement et les petits s'immobilisent en émettant des cris de détresse (effet de chœur qui renforce la réponse de la mère).

Les cris ont donc une signification.

### **Revenons au mandarin.**

Lorsque couple nourrit ses petits (4 ou 5), la nourriture est distribuée selon les informations contenues dans les cris des petits qui ne sont pas interprétés de la même manière par le mâle et la femelle.

### **L'otarie à fourrure de l'île d'Amsterdam**

Les otaries restent environ 2 mois sans manger soit la durée de la reproduction (recherche du partenaire, temps de gestation, accouchement). Les otaries ne partent pas tout de suite après la mise à bas. En effet il leur faut pouvoir reconnaître leur petit au retour de pêche. Les chercheurs ont donc essayé de savoir à partir de quand la mère pouvait partir en étant sûr de retrouver son petit. Ils ont enregistré la voix de la mère et l'ont fait entendre à plusieurs reprises au petit : un jour après sa naissance, 2 jours après, etc. Au bout de 4 ou 5 jours, les petits reconnaissent la voix de la mère. Les mères tiennent compte de cet apprentissage pour décider de leur départ pour la pêche.

### **La communication référentielle chez les singes vervets :**

Ces singes émettent des cris différents pour désigner les différents prédateurs, un pour l'aigle, un autre pour le léopard et enfin un autre pour le serpent. Chacun de ces cris déclenche des comportements différents.

### **Développement des chants des oiseaux**

Les oiseaux doivent apprendre en copiant un tuteur qui est en principe leur père. Cet apprentissage démarre quand l'oiseau est presque mature. Il développe alors un chant qui contient sa signature et celle de l'espèce. On peut presque parler de culture animale. Qui dit copie dit erreur de copie.

Si des individus partent avec une erreur de copie créer d'autre colonies, alors les risques de divergence apparaissent. Les femelles d'une des populations risquent de ne plus comprendre certains mâles. La reproduction n'étant plus possible alors il y a spéciation. Cela rappelle les pinsons de Darwin aux Galápagos.

### **La communication dans les grands groupes**

Plus le système social est complexe plus vous devez gérer des situations complexes et plus le système de communication doit être élaboré. Les études actuelles portent sur la hyène tachetée et sur les grands singes.

La hyène africaine est un grand chasseur qui vit en grand groupe de 80 à 100 individus avec un système de hiérarchie assez élaboré. La hiérarchie est matrilineaire : toutes les femelles dominent tous les mâles. À la tête des femelles est la matriarche. Chaque femelle n'a qu'un bébé. Le bébé femelle hérite à sa naissance du rang social de sa mère. Le bébé mâle doit quitter la tribu à sa « majorité » et doit rejoindre une autre tribu en se mettant au dernier rang. Il faut donc un système de communication très élaboré (un peu comme dans les sociétés humaines !) pour bien se situer dans le groupe et ne pas se faire mordre. Chez les hyènes il existe une vingtaine de types de vocalisation et chaque type est modulable. Le tout est complété par des communications chimiques

et des communications visuelles. Les chercheurs se sont intéressés pour l'instant aux seuls signaux de frustration, quand l'animal est privé d'accès à la nourriture. Ces signaux contiennent une carte d'identité, une indication de la position hiérarchique. Les échanges d'information sont ainsi très riches.

*A écouter :*

[http://www.arteradio.com/son/543802/l\\_alarme\\_du\\_singe/~cfanimaux%20musiciens:date\\_desc:1](http://www.arteradio.com/son/543802/l_alarme_du_singe/~cfanimaux%20musiciens:date_desc:1)

[http://www.arteradio.com/son/543800/le\\_rire\\_de\\_la\\_hyene/~cfanimaux%20musiciens:date\\_desc:1](http://www.arteradio.com/son/543800/le_rire_de_la_hyene/~cfanimaux%20musiciens:date_desc:1)



*A lire : La Symphonie animale Antonio Fischetti.*

