

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

École doctorale Sciences de la Vie et de la Santé

Centre Scientifique de Monaco / Département de Biologie Polaire
&
IPHC, Département Ecologie, Physiologie et Ethologie (UMR 7178)
Laboratoire International Associé 'BioSensib' (LIA 647)

Thèse

présentée par :

Hannah J. KRIESELL

soutenue le : **10 avril 2018**

pour obtenir le grade de : **Docteur de l'Université de Strasbourg**

Discipline/ Spécialité : **Ecologie – Ethologie**

Communication visuelle et acoustique dans le choix du partenaire chez une espèce monomorphique, le Manchot royal (*Aptenodytes patagonicus*)

THÈSE dirigée par :
Dr. Céline LE BOHEC
Dr. Thierry AUBIN
Dr. André ANCEL

Chargée de recherche, CNRS Strasbourg & Centre Scientifique de Monaco
Directeur de recherche, CNRS Paris-Sud
Chargé de recherche, CNRS Strasbourg

RAPPORTEURS :
Dr. Ole N. LARSEN
Dr. Ian L. JONES

Professeur Associé Emérite, University of Southern Denmark
Professeur, Memorial University of Canada

AUTRES MEMBRES DU JURY:
Dr. Jean-Patrice ROBIN
Dr. Denis ALLEMAND
Dr. Francesco BONADONNA

Directeur de recherche, CNRS Strasbourg
Professeur, Université de Nice & Centre Scientifique de Monaco
Directeur de recherche, CNRS Montpellier

Hannah J. KRIESELL
Communication visuelle et acoustique dans le choix du partenaire
chez une espèce monomorphique, le Manchot royal (*Aptenodytes patagonicus*)

Résumé : Tous les organismes communiquent et utilisent des signaux à cette fin. Les signaux sont des stimuli qui transmettent, à travers l'environnement, des informations d'un émetteur à un récepteur. Les signaux sont utilisés dans un grand nombre de contextes différents, et la sélection naturelle façonne les signaux de telle sorte que la valeur sélective de l'émetteur et du récepteur augmente. Les signaux utilisés dans le cadre de la sélection sexuelle peuvent cependant être coûteux à produire et même réduire la valeur sélective de l'émetteur, mais ils deviennent bénéfiques s'ils augmentent le succès reproducteur de l'émetteur. De nombreux systèmes de communication utilisent des signaux composés de plusieurs éléments (« signaux multicomposants ») et s'appuient sur l'utilisation de multiples signaux (vision, audition, toucher, odorat), on parle alors de communication multimodale. A chaque étape, c'est-à-dire production, transmission et perception, le signal subit des modifications, et coder les informations au sien de plusieurs composantes ou modalités permet de faciliter et d'assurer une perception et une mémorisation précises du signal par le récepteur. Au cours de cette thèse, nous avons étudié les signaux acoustiques et visuels produits dans le cadre du choix du partenaire chez un oiseau marin monomorphique, le Manchot royal *Aptenodytes patagonicus*. En analysant les composantes acoustiques des mâles et des femelles, nous avons identifié des arrangements syllabiques spécifiques à chacun des sexes, aussi bien chez les poussins d'un an, les juvéniles de 2 ans, que chez les adultes reproducteurs. L'analyse des composantes acoustiques et ornementales révèle également que la fréquence fondamentale et l'énergie des cris des manchots royaux, ainsi que certaines caractéristiques colorimétriques des plaques mandibulaires du bec et des tâches auriculaires, signalent des informations sur la classe d'âge de l'émetteur. La classe d'âge étant encodée de manière redondante dans les paramètres acoustiques et colorimétriques, nous pouvons considérer que les cris et les ornements servent de signaux de secours augmentant les chances de transmettre avec précision l'information (la classe d'âge) de l'émetteur au récepteur. Cette adaptation permettrait de réduire le temps passé à chercher un partenaire approprié et d'éviter les erreurs de perception du signal. De plus, les manchots royaux pourraient analyser de manière séquentielle les signaux encodant les classes d'âge : les signaux acoustiques serviraient de communication à longue distance lorsque l'émetteur et le récepteur ne peuvent se voir, alors que les signaux ornementaux entreraient en jeu lorsque les individus sont proches les uns des autres. Parmi les paramètres acoustiques encodant de l'information, le tempo reflète également l'âge des manchots royaux adultes, alors que les paramètres ornementaux ne montrent qu'une faible corrélation avec l'âge chez les mâles adultes, et aucune corrélation chez les femelles adultes. Ceci suggère que les signaux acoustiques sont plus adaptés pour encoder des caractéristiques intrinsèques statiques ou changeant graduellement, telles que le sexe et l'âge qui dépendent de traits anatomiques fixes, tandis que les signaux ornementaux sont susceptibles de signaler des changements rapides et fluctuants chez un individu, comme la condition corporelle ou l'infestation parasitaire. Enfin, en étudiant l'appareil vocal des manchots royaux adultes, nous montrons que ces oiseaux marins peuvent produire deux bandes de fréquences harmoniques (ce que l'on appelle la « double voix ») puisqu'ils présentent un syrinx trachéo-bronchique et donc deux sources sonores. Nos résultats suggèrent qu'une voix est probablement toujours produite par un côté du syrinx, et que la fréquence fondamentale de chaque voix est probablement contrainte par la taille du tissu vibratoire. De plus, nous avons identifié une cloison trachéale séparant environ 80% de la trachée en deux lumina, résultat d'une possible adaptation à la plongée, c'est-à-dire au comportement de recherche de nourriture en eau profonde chez cette espèce. En résumé, ce travail de thèse a contribué à une meilleure compréhension des signaux utilisés dans le cadre du choix du partenaire chez une espèce monomorphique qui présente un comportement reproducteur très coûteux. Il souligne l'importance d'inclure des signaux multicomposants et multimodaux dans l'étude des systèmes de communication, puisque l'environnement impose généralement de nombreuses contraintes sur ces signaux. Ce travail montre également comment un organe de production d'un signal (ici acoustique) façonne les propriétés de ce signal.

Mots clés : Communication animale, signal multicomposant and multimodal, choix du partenaire, bioacoustique, ornements, oiseau marin monomorphique, manchot royal

Abstract: All organisms communicate and use signals to do so. Signals are stimuli that convey information from an emitter through the environment, to a receiver. Signals are used in a variety of different contexts, and natural selection shapes signals in such a way that the emitter and receiver's fitness increases. Signals used in sexual selection however might be costly to produce and even reduce the emitter's direct fitness but become beneficial as they increase the reproductive success of the emitter. Many communication systems are composed of several components (multicomponent signals) and rely on the use of signals in different modalities (vision, sound, touch, smell) and are called multimodal signals. At each step, i.e. production, transmission and perception, the signal undergoes changes and encoding information in several components or modalities can ensure accurate signal perception and memorization by the receiver. Here, we study visual and acoustic signals produced in the context of mate choice on a mutually ornamented seabird, the king penguin *Aptenodytes patagonicus*. Analysing the components of calls and ornaments in both sexes, we identified a sex-specific syllable pattern in the vocalisations of 1-year-old fledglings, juveniles and adult birds. We found that fundamental frequency and energy components of calls and beak spot and ear patch ornament parameters signal information about the age-class of the emitter. Given that age-class was redundantly encoded in both acoustic and colour parameters, calls and ornaments may function as back-up signals that increase the chance of accurately conveying the age-class of the emitter to the receiver, which could be an adaptation to the breeding system and reduce the time spent to find a suitable partner and avoid signal perception errors. Moreover, king penguins might sequentially analyse age-class signals during courtship, where acoustic signals serve as long-range communication when emitter and receiver are out of sight, and ornamentation signals come into play when individuals are in close proximity to each other. Calling tempo amongst other parameters also reflect continuous age of adult king penguins, while ornaments only showed a weak correlation to age in males, and no correlation in females. Calls might be more adapted to encode static or gradually changing intrinsic characteristics, such as sex and age, that depend on fixed anatomical traits, while ornaments are suitable to signal rapid and fluctuating changes within an individual, such as body condition or parasite infestation. Investigating the vocal apparatus of adult king penguins, we show that king penguins can produce two harmonically related frequency bands ("two voices") since they exhibit a tracheobronchial syrinx and thus two sound sources. Furthermore, we found that one voice is likely always produced by one side of the syrinx and the fundamental frequency of each voice is likely constrained by the size of the vibratory tissue. We describe a tracheal septum separating about 80% of the trachea into two lumina, a possible adaptation to foraging behaviour at deep water depths in this species. This thesis contributed to our understanding of signals used in mate choice in a mutually ornamented species that exhibits a very costly breeding behaviour. It highlights the importance of including multicomponent and multimodal signals when studying communication systems, since the signalling environment impose many constraints on the signal design. It shows how a signal production organ shapes signal properties.

Key words: Animal communication, multimodal signalling, mate choice, bioacoustics, ornaments, monomorphic seabird, king penguin