

08.10.2003 > 18.04.2004

museum



Dossier didactique

fatal attraction

quand les **animaux** parlent d'amour

Pour une visite réussie...

Bienvenue au Muséum des Sciences naturelles.

Bienvenue dans Fatal Attraction, notre nouvelle exposition sur le langage amoureux et la séduction chez les animaux.

Dans ce dossier, vous trouverez une description du contenu de l'exposition, son scénario, la liste des spécimens naturalisés que vous pourrez voir et celle des interactifs qui vous sont proposés pour découvrir le sujet. Nous y avons joint quelques courts articles scientifiques approfondissant l'un ou l'autre aspect en relation avec la communication amoureuse des animaux ainsi qu'une sélection de références bibliographiques.

Dans les textes de l'exposition, nous avons évité, dans toute la mesure du possible, d'employer des tournures anthropomorphiques ou finalistes.

Ainsi, les animaux de l'exposition ne prennent pas la parole. De même, nous ne disons jamais qu'un animal *crie pour attirer une femelle*, mais bien qu'il *attire sa femelle en criant*.

Notre seule concession a été d'utiliser de temps à autre un vocabulaire « plaisant » du genre « l'élue de son cœur ».

Visites accompagnées : Fatal Attraction est une exposition interactive où vous découvrirez de nombreuses informations par l'expérience personnelle. Elle ne se prête pas à une visite guidée « traditionnelle ». Nous proposons donc à ceux qui le désirent un encadrement sous forme d'une introduction générale du sujet et d'une guidance dans les différentes zones qui forment l'exposition. Le guide animateur explique certains points et sert de personne ressource pour aider et répondre aux questions individuelles.

Durée : 1h15, à partir de la 3^{ème} primaire

Ateliers : Un atelier complémentaire à l'exposition a été élaboré sur le thème de « La reproduction dans le monde animal ». Il aborde les différents modes de reproduction des animaux, des insectes aux mammifères, ainsi que les comportements qui y sont liés : parades, marquages de territoire, soins parentaux... L'atelier ne comprend pas la visite de Fatal Attraction.

Durée : 2h00, de la 4^{ème} primaire à la 2^{ème} secondaire (atelier disponible d'octobre 2003 à avril 2004)

Documents : Des questionnaires d'aide à la visite peuvent vous servir de fil conducteur lors d'une visite autonome ou être utilisés lors du travail d'exploitation en classe. Ils existent pour le niveau 2 (9-12 ans) et le niveau 3 (13-15 ans).

Disponibles sur place à raison d'un exemplaire par enseignant, ou téléchargeables sur notre site Web.

Le présent dossier didactique ainsi qu'un guide pratique intitulé « Ecoles et visiteurs en groupe » sont disponibles à la même adresse :

www.sciencesnaturelles.be

Tarifs pour les groupes (à partir de 15 personnes)

Entrée exposition + salles permanentes

Adultes 6 €

Jeunes (2-25 ans) 4,50 €

Un accompagnateur gratuit par 15 personnes

Gratuit pour les enseignants, sur présentation d'un justificatif professionnel

Visites guidées

Jeunes (15 personnes max.) 35 €

Adultes (15 personnes max.) 62 euro en semaine, 75 € le week-end

Ateliers

2,80 € / enfant, en supplément du ticket d'entrée

Réservation obligatoire pour les groupes : 02 627 42 34

Info 24h/24 : 02 627 42 38

Muséum des Sciences naturelles

Service Educatif

Rue Vautier 29

1000 Bruxelles

Tél : 02 627 42 33

Fax : 02 646 44 66

info@sciencesnaturelles.be



Fatal Attraction – quand les animaux parlent d’amour, une exposition sur la séduction animale

Les beaux jours sont de retour et la saison des amours aussi... Un jeune grèbe huppé part à la recherche d'une compagne. Glissant sur le lac aux rives bordées de roseaux, ses huppées fauves bien visibles, il aperçoit un autre grèbe qui nage plus loin. Une femelle peut-être ? Calmement mais non sans intérêt, il s'en approche. A quelques dizaines de mètres, leurs regards se croisent. Ils se saluent, le cou au ras de l'eau. Peu à peu, ils se rapprochent, gonflent leur huppe, émettent des cris rauques et sonores... Ils se rapprochent encore et se découvrent peu à peu au cours d'un étrange rituel. Face à face, ils dressent leurs huppées colorées et effectuent des mouvements en « miroir » : des mouvements latéraux et saccadés de la tête et du cou, des plongées, des offrandes de brins d'herbes et d'autres végétaux. Ils (s')offrent ainsi un superbe ballet nautique. Mais à quoi jouent-ils ?



Ces deux grèbes ne jouent pas, ils paraded : c'est la saison des amours et comme tous leurs congénères en âge de se reproduire, ils cherchent un partenaire sexuel. Saluts, cris, mouvements en duo, offrandes, danses sont en réalité des attitudes, des rituels qui leur permettent de communiquer : mâles et femelles doivent se rencontrer, se reconnaître, se séduire mutuellement. S'ils se conviennent, ils construiront ensemble un nid et concevront leur descendance.

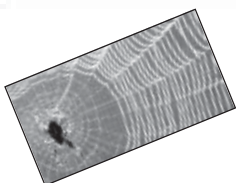
Les paons font la roue, les autruches dansent, les bélugas sifflent, les rouges-gorges chantent... Chaque espèce a sa manière et ses moyens de parler d'amour. L'homme aussi ? Et à quoi sert de dépenser autant de temps et d'énergie à trouver un partenaire sexuel ? Signaler sa présence, n'est-ce pas aussi risquer de se faire repérer par des prédateurs et d'alerter des rivaux ?

Fatal Attraction – quand les animaux parlent d'amour répond à ces questions et présente, à l'aide de nombreux exemples, les différents aspects de la séduction animale : les signaux qui permettent d'attirer un partenaire potentiel (odeurs et goûts, couleurs et parades, chants et bruits), leur utilisation limitée selon l'environnement, .. et les risques du métier !

Ce sont là les trois principaux thèmes de l'exposition (dont vous trouverez les résumés dans ce dossier). En guise d'introduction à votre visite, vous pourrez observer quelques photos de couples d'animaux, couples que vous retrouverez à la fin de l'exposition avec leurs petits... Quant à l'Homme, il n'est pas oublié. Et c'est sous forme de clin d'œil que son cas est traité (il n'est pas sans rappeler certains comportements de nos amies les bêtes)...

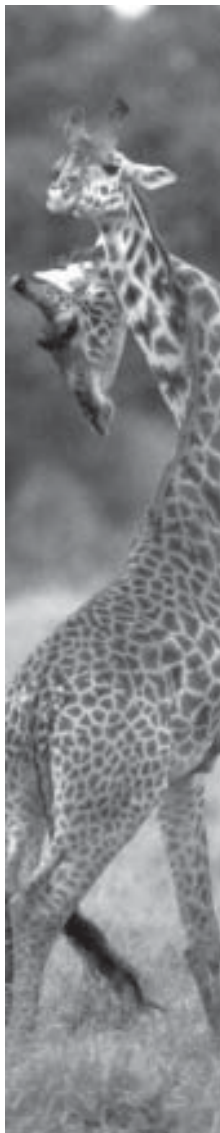
À la pointe de la recherche scientifique. *Fatal Attraction* a été réalisée par l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, en collaboration avec le Musée National d'Histoire Naturelle (Paris) et le Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis (Leiden). Cette exposition met en scène les toutes dernières observations en matière de « communication amoureuse » animale et rassemble des spécimens venus des quatre coins de la planète. Pour plus de réalisme, la plupart des animaux présentés ont été naturalisés en position « de séduction » par les taxidermistes de ces trois musées.

Se pavaner à la manière d'un paon. Des activités pour tous les âges, des bornes interactives et vidéos, des textes clairs et concis... *Fatal Attraction* vous invite à prendre la place d'animaux tels que le poisson-clown, le cerf ou la luciole pour découvrir – et surtout tester – leurs astuces de séduction ! Réussirez-vous à trouver l'élue(e) de votre cœur ?



À noter : pour chacun des spécimens présentés, nous indiquons
· s'il est naturalisé, moulé ou sculpté
· s'il est accompagné d'une séquence vidéo ou d'un interactif (celui-ci est alors brièvement décrit)
· son nom scientifique et, s'ils existent, ses noms vernaculaires en français, anglais et néerlandais.

1. La rencontre : tout est bon pour séduire



Les mâles et femelles en âge de se reproduire vivent rarement en couple toute l'année. Mais la plupart d'entre eux se reproduisent de manière sexuée et doivent donc se rencontrer, même si ce n'est que pour une courte période. Chacun produit donc des signaux qui permettent d'attirer des congénères, de s'identifier sexuellement et de « séduire » : les femelles signalent leur réceptivité (elles signifient qu'elles sont prêtes à s'accoupler) et les mâles étalent leurs qualités de bons partenaires. Ces échanges d'informations entre les sexes sont essentiels : c'est la parade amoureuse et sans elle, la saison de reproduction pourrait être perdue.

Les animaux communiquent grâce à des signaux : chants, cris, positions, mimiques, odeurs... (les humains communiquent aussi avec des signaux visuels, olfactifs ou autres mais ils disposent en plus de la parole). A la saison des amours, une large part de ceux-ci est destinée aux partenaires sexuels : des couleurs vives ou chatoyantes, un chant langoureux, un parfum enivrant ou encore une mélodie sexy, une danse révérencieuse, une parade orgueilleuse. Ces messages d'amour peuvent déjà nous surprendre mais il y a encore mieux : des pistes odorantes, des vibrations, des codes lumineux, des couleurs invisibles à nos yeux, des sons inaudibles à nos oreilles. La diversité des formes de ces messages amoureux est presque infinie !

Chaque espèce animale possède ses propres signaux de communication. La plupart des espèces sont capables d'émettre et de recevoir plusieurs types de signaux : sonores, chimiques, vibratoires, visuels... qu'elles combinent pour transmettre leur message.

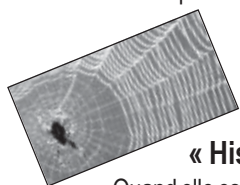


À lire (dans la rubrique « Quelques articles scientifiques pour en savoir plus ») :
La vision et les signaux UV (Marc Théry, CNRS-MNHN)
La transmission des sons (Jean Wallenborn, ULB)

1.1. Les signaux chimiques

La communication chimique – très utilisée chez les mammifères, les reptiles et les insectes – est possible grâce à des substances invisibles : les phéromones (odeurs et goûts). Ces messagers sont particulièrement performants dans l'eau et dans l'air. Ils peuvent voyager très vite et très loin. Cependant, la vitesse et la force du vent (ou du courant) peuvent affecter les distances parcourues ou brouiller les pistes. La concentration du produit est une autre limite : trop concentré, il peut être répulsif ; trop dilué, il peut ne plus être perçu.

Les phéromones sexuelles libérées lors de communications amoureuses suscitent l'attrait sexuel, stimulent l'accouplement. Elles fourniraient aussi des informations sur la maturité sexuelle de celui ou celle qui les émet.



Les spécimens

« Histoires cochonnes »

Quand elle est réceptive – et à ce moment-là seulement –, la femelle du porc domestique adopte la posture d'accouplement (immobile et oreilles dressées) rien qu'à l'odeur du mâle. En élevage, ce comportement sert de test de réceptivité.

- . spécimen naturalisé d'une truie
- . séquence vidéo
- . **Sus scrofa**, porc domestique, domestic pig, varken

« La confrérie du taste-urine »

Chez les antilopes des sables, le mâle renifle et lèche le postérieur des femelles à la recherche de traces d'urine qui lui indiqueront si les femelles sont réceptives ou non.

- . spécimens naturalisés d'antilopes (un couple)
- . séquence vidéo
- . **Hippotragus niger**, antilopes des sables, sable antelope, sabelantilope



« Le fil d'Ariane était parfumé »

Chez les araignées *Cupiennius*, la femelle « parfume » un des fils de sa toile. Le mâle remonte cette piste odorante et fait vibrer les feuilles sur lesquelles ils se trouvent tous les deux. Si elle répond de la même façon, il peut approcher...

- . spécimens naturalisés de *Cupiennius* (un couple)
- . interactif : retrouvez le fil qui mène à votre femelle au toucher
- . *Cupiennius salei*, / , wandering spider, kamspin

« La flèche de Cupidon »

Les escargots de Bourgogne sont hermaphrodites mais doivent être deux pour se reproduire. Ils se rencontrent en suivant des traces de bave odorante, puis s'enlacent et se transpercent d'une aiguille calcaire (cela les stimulerait).

- . moulages d'escargots
- . interactif : câlinez un escargot géant ; si vous lui plaisez, il fera sortir son aiguille calcaire
- . *Helix pomatia*, escargot de Bourgogne, roman snail, wijngaardslak

« Hmm... c'est qui, ce parfum? »

Chez les bombyx du mûrier, papillons de nuit, les antennes du mâle sont si sensibles aux phéromones de la femelle qu'il peut la retrouver jusqu'à 10 km de distance.

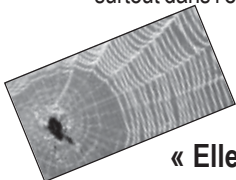
- . spécimen naturalisé de bombyx (un couple)
- . interactif : retrouvez votre femelle à l'odeur
- . *Bombyx mori*, bombyx du mûrier, silkwormmoth, zijdevlinder

1.2. Les signaux visuels

Les mammifères, les oiseaux, les poissons, les insectes et même certains crustacés utilisent la communication visuelle. Mais c'est chez les oiseaux qu'elle est la plus élaborée et la plus impressionnante.

Les changements de coloration du plumage (oiseaux) ou de la peau (primates) sont des signaux visuels qui donnent des informations sur le niveau de maturité, de réceptivité et d'excitation sexuelle. Mais l'utilisation de contrastes, les parades, les danses, les jeux de lumière sont d'autres moyens visuels déployés pour attirer l'attention.

L'avantage des signaux visuels? Leur transmission immédiate. Leur inconvénient? Leur champ d'action limité, surtout dans l'eau.



Les spécimens

« Elles en pincet... »

Chez les crabes violonistes, la femelle part à la recherche d'un mâle quand elle est prête à pondre. Celui-ci, installé à l'entrée de son terrier, essaie de se faire remarquer en agitant son énorme pince. Si ça marche, la femelle approche et inspecte le terrier avant de se décider.

- . spécimens naturalisés de crabes violonistes (un couple)
- . séquence vidéo
- . *Uca tangeri*, crabe violoniste, fiddler crab, wenkkrab

« Son truc en plume »

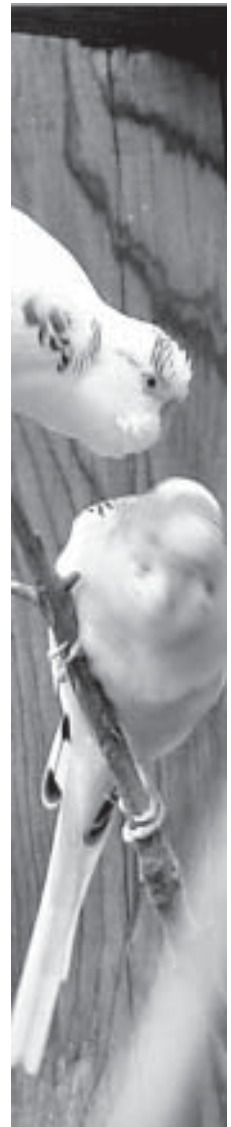
Lors de la parade, le mâle de l'autruche exhibe ses grandes plumes noires et blanches ainsi que ses pattes et son cou plus rouges qu'à l'ordinaire. Si la femelle abaisse tête et ailes, c'est qu'elle accepte l'accouplement.

- . spécimen naturalisé d'une autruche mâle
- . séquence vidéo
- . *Struthio camelus*, autruche, ostrich, struisvogel

« Couleurs invisibles »

Les perruches ondulées voient dans l'ultraviolet. Mâles et femelles se reconnaissent aux taches UV qui parsèment leurs joues et le dessus de leur tête alors que nous ne pouvons les différencier que d'après la tache de couleur au-dessus de leur bec : bleue chez lui, marron-beige chez elle.

- . spécimens naturalisés de perruches (un couple)
- . interactif : observez un couple de perruches à la lumière ultraviolette
- . *Melopsittacus undulatus*, perruche ondulée, budgerigar, grasparkiet



« Pleins feux »

Chez les poissons *Porichthys*, la femelle s'illumine quand elle est prête à s'accoupler. Le mâle la repère, grogne et, si elle s'approche, se met à clignoter : de gris, il devient rose lumineux !

- . moulages de *Porichthys* (un couple)
- . séquence vidéo
- . ***Porichthys notatus***, / , midshipman, noordelijke bootsmanvis

« Rêves bleus »

Chez les oiseaux satin, la femelle choisit le mâle en fonction de ses dons d'architecte et de décorateur. Celui-ci construit une tonnelle de brindilles dont il orne les abords de divers objets bleus (comme les reflets de son plumage).

- . spécimens naturalisés (dont un datant de 1834 !) d'oiseaux satin (un couple)
- . interactif : décorez le seuil de votre tonnelle
- . ***Ptilonorhynchus violaceus***, oiseau satin, satin bower-bird, satijnvogel

« Faux cul ! »

Chez les mandrills, l'excitation avive les couleurs (bleu, rouge, jaune) présentes sur la face et les organes génitaux du mâle. Les femelles adorent !

- . spécimen naturalisé d'un mandrill mâle
- . interactif : découvrez les zones colorées
- . ***Papio sphinx***, mandrill, mandrill, mandril

« Faire le paon »

Le paon se met en valeur en faisant la roue : la paonne apprécie de belles et grandes plumes, bien brillantes et colorées, et de nombreux ocelles parfaitement dessinés. Ce serait un signe de bonne santé.

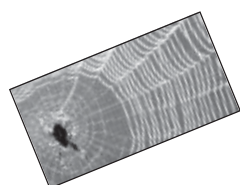
- . spécimens naturalisés de paons (un couple)
- . interactif : choisissez le mâle le plus attractif
- . ***Pavo cristatus***, paon, indian peacock, blauwe pauw



1.3. Les signaux sonores

Les sons portent sur de longues distances, voyagent aux quatre vents et franchissent de nombreux obstacles. Ils sont très rapides, surtout dans l'eau où ils progressent quatre à cinq fois plus vite que sur terre. Certains d'entre eux sont inaudibles pour l'homme car ils sont hors de sa gamme de perception : ce sont les infrasons (des sons graves, de basse fréquence) et les ultrasons (des sons aigus, de haute fréquence).

A la saison des amours, la majorité des signaux sonores portent les messages d'animaux en quête de partenaires. Cris, chants, bourdonnements, cliquetis, grognements... Les signaux sonores séducteurs sont très variés. Et les oiseaux ne sont pas les seuls à les utiliser : poissons, amphibiens, insectes et mammifères sont également capables d'en produire et d'en recevoir. D'autres arthropodes que les insectes utilisent aussi des signaux sonores : les langoustes strident en frottant leurs antennes contre leur tête, les crevettes en frottant leur tête contre leur corps...



Les spécimens

« Moustiques et nuits blanches »

Chez les moustiques, la femelle fait pas mal de bruit en volant. Selon la fréquence de ses battements d'ailes, les mâles savent à quelle espèce elle appartient et si elle est prête à se reproduire.

- . spécimens naturalisés de moustiques mâles et femelles
- . interactif : retrouvez votre femelle à l'oreille
- . ***Anopheles stephensi***, anophèle, mosquito, malariamug

« L'araignée tam-tam »

Chez l'araignée-loup, le mâle séduit la femelle en tapotant son abdomen sur des feuilles mortes qui relaient les vibrations jusqu'à elle. Plus ça vibre, plus ça lui plaît : le mâle est certainement en excellente forme...

- . spécimens naturalisés d'araignées-loups mâles et femelles
- . interactif : écoutez l'appel du mâle et regardez les feuilles vibrer
- . ***Hygrolycosa rubrofasciata***, araignée-loup, drumming wolfspider, trommelwolfsspinn



« Radars volants »

Les pipistrelles utilisent les ultrasons lors de leurs déplacements, mais aussi, dans le cas des mâles, lors des parades nuptiales : plus les cris sont forts et souvent répétés, plus les femelles les apprécient.

- . spécimens naturalisés de chauves-souris mâles et femelles
- . interactif : repérez le mâle grâce à un détecteur à ultrasons
- . **Pipistrellus pipistrellus**, pipistrelle, pipistrelle, gewone dwergvleermuis

« Chanteur de charme »

Les chants du canari éloignent les mâles concurrents et attirent les femelles. Celles-ci ont une préférence pour les trilles complexes et rapides (car il faut être en bonne condition physique pour les produire).

- . spécimens naturalisés de canaris (un couple)
- . interactif : choisissez le chant le plus attractif en observant les réactions d'une femelle
- . **Serinus canaria**, canari, canary, kanarie

« Chanteur-imitateur »

L'oiseau-lyre parade en déployant sa superbe queue au-dessus de la tête et en imitant toutes sortes de bruits ! Le chanteur a d'autant plus de succès que son répertoire d'imitations est large.

- . spécimens naturalisés (dont un datant de 1841 !) d'oiseaux-lyres (un couple)
- . séquence vidéo
- . **Menura novaehollandiae**, oiseau-lyre, lyrebird, liervogel

« Pas de harem sans peine ! »

À l'automne, saison des amours, le cerf brame. Plus ses cris sont puissants et fréquents (il est donc en excellente forme), plus il a de chances de garder son harem et d'y attirer de nouvelles biches.

- . spécimen naturalisé d'un cerf
- . interactif : rivalisez avec le cerf en bramant fort et souvent
- . **Cervus elaphus**, cerf, red deer, edelhart



2. Quel signal utiliser ?

Produire des messages est une chose, les faire parvenir à ses partenaires en est une autre. Selon leurs caractéristiques, les signaux subissent des dégradations diverses en fonction du milieu dans lequel ils voyagent : trop de bruits de fond, trop de courant, trop peu de lumière, trop de distance entre les partenaires... Sous l'eau comme dans l'air, il y a toujours un obstacle ou l'autre pour rendre un signal moins efficace. Mais chaque espèce

animale dispose, sans avoir à les choisir, de signaux adaptés à son environnement. Cette adéquation entre une espèce animale et l'environnement où elle vit est le fruit de la sélection naturelle.



À lire (dans la rubrique « Quelques articles scientifiques pour en savoir plus ») :

La sélection naturelle (M. Blandin, MNHM - Paris)

Transmission de la lumière dans l'eau et dans l'air (Marc Théry, CNRS-MNHN)

Le SOFAR ou canal sonore profond (Jean Wallenborn, ULB)

La bioluminescence (Jean François Rees, Université catholique de Louvain)



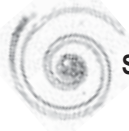
2.1. Dans l'eau

Dans les eaux agitées, les **phéromones** se dispersent si rapidement qu'il est impossible de retrouver l'endroit où elles ont été produites : les courants brouillent les pistes bien avant ! Mieux vaut donc les utiliser dans les eaux calmes.

L'utilisation des **couleurs** ne pose pas de problème tant qu'on reste à faible profondeur : il n'y a qu'à voir la seiche pour s'en convaincre. Par contre, plus on s'éloigne de la surface, plus la lumière diminue et plus les tons s'estompent.

Les **sons** : ils voyagent quatre à cinq fois plus vite sous l'eau que sur terre et les graves portent plus loin que les aigus. En mer, ils doivent être émis dans le « canal acoustique » pour parcourir des distances importantes. Il s'agit d'un « tunnel » qui se forme entre les eaux froides des fonds marins et les eaux chaudes du dessus. Les sons peuvent y rebondir sur des centaines de kilomètres, voire plus.

Mais ce canal se situe à une profondeur moyenne de 600 à 1200 mètres. Tous les animaux n'y ont donc pas accès.



Spirale¹ « goût / odeur »

Sous l'eau, essayez les signaux chimiques – goûts et odeurs.

Particulièrement efficaces dans l'eau stagnante, les signaux chimiques se diffusent lentement et régulièrement. Cela permet au mâle du copépode de retrouver sa femelle à coup sûr : il lui suffit de nager vers l'endroit où les phéromones qu'elle diffuse sont les plus concentrées.

- . spécimens séchés de copépodes (un couple)
- . séquence vidéo (diffusion d'eau colorée sucrée dans de l'eau pure)
- . **Eurytemora hirundooides**, copépode, copepod, roeipootkreef

Les tritons se reproduisent dans des eaux stagnantes. La femelle diffuse un parfum attractif, le mâle remonte la piste et entame sa parade : il bat de la queue en direction de la femelle (il lui envoie des phéromones) et ondule de tout son corps. Il danse ainsi jusqu'à ce qu'elle le suive...

- . moulages de tritons communs et de tritons alpestres (un couple de chaque)
- . **Triturus vulgaris**, triton commun, smooth newt, kleine watersalamander
- . **Triturus alpestris**, triton alpestre, Alpine newt, Alpenwatersalamander

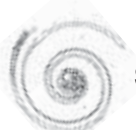
Et si je vis dans des eaux agitées ?

Dans les eaux pleines de remous, de tourbillons, de turbulences, les signaux chimiques se diffusent trop rapidement. Impossible, dans ces conditions, d'en retrouver l'émetteur.

- . séquence vidéo (diffusion d'eau colorée sucrée dans de l'eau en turbulence)

Les homards américains vivent dans les eaux agitées. Peu avant la mue, la femelle part à la recherche d'un mâle. Elle se place à l'entrée de son terrier et y envoie un mélange d'urine et de phéromones. Si l'odeur plaît au mâle, il sort et ramène la femelle chez lui.

- . spécimen séché d'un homard femelle
- . **Homarus americanus**, homard américain, American lobster, Amerikaanse zeekreeft (**Footnotes**)



Spirale « vue »

Sous l'eau, vous pourriez essayer les couleurs.

Le corps de la seiche est parsemé de petits points de couleurs qu'elle peut agrandir ou rétrécir en un clin d'œil. Cela lui permet de passer inaperçue dans le décor environnant. Ou, au contraire, de se faire remarquer des femelles à la saison des amours.

- . moulage d'une seiche mâle
- . séquence vidéo
- . **Sepia officinalis**, seiche, cuttlefish, gewone zeekat

¹ Les spirales sont une suite de questions-réponses, chaque réponse étant illustrée par au moins un spécimen.

Dans les récifs coralliens où il vit, le poisson-clown n'est pas toujours visible malgré ses bandes oranges vives. Pour qu'une femelle le repère, il doit quitter l'abri de son anémone, déployer ses nageoires et zigzaguer verticalement.

- . moulages de poissons-clowns (une femelle et des mâles)
- . interactif : retrouvez tous les poissons-clowns de l'image
- . **Amphiprion ocellaris**, poisson-clown, clown fish, driebandanemoonvis

Et si je vis dans les profondeurs ?

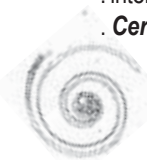
L'eau de mer se comporte comme un filtre bleu : plus on descend, plus les couleurs s'estompent, même les plus vives comme le rouge, l'orange et le jaune.

- . interactif : faites descendre un poisson coloré vers les grandes profondeurs et observez le résultat

Et s'il n'y a pas du tout de lumière ?

Certains animaux marins produisent de la lumière. La femelle du *Ceratias*, un poisson des profondeurs, est connue pour la « lanterne » suspendue au-dessus de sa bouche. Elle permet d'attirer les proies... ou le minuscule mâle parasite.

- . moulage d'un couple de *Ceratias* (le mâle étant accroché à la femelle)
- . interactif : observez la femelle et cherchez le mâle
- . **Ceratias holboelli**, / , anglerfish, engelvis



Spirale « son »

Des sons, ça devrait bien marcher sous l'eau.

Chez la demoiselle bicolore, un poisson qui vit dans les récifs coralliens, le mâle attire les femelles qui passent près de son nid en « grognant » lors de nages en piqué. Et plus le grognement est grave, plus il a du succès.

- . moulage de la demoiselle mâle
- . interactif : écoutez la parade du mâle
- . **Stegastes partitus**, demoiselle bicolore, damselfish, tweekleurenjuffervis

Le son, c'est une vibration qui peut se propager dans différents milieux (air, eau, verre...). L'eau se comprimant difficilement (comparée à l'air), le son y est 4,5 fois plus rapide que dans l'air.

- . interactif : comparez la vitesse d'un son dans l'eau et dans l'air

Et si je suis loin de mon partenaire ?

Les sons graves voyagent plus loin que les sons aigus.

- . interactif : comparez des sons de différentes fréquences, émis de plus en plus loin

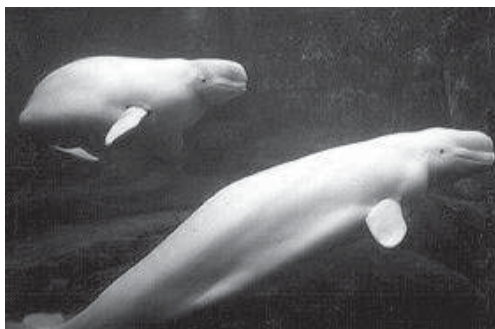
Camouflé le jour dans les récifs de corail, le poisson étendard s'active la nuit : il se signale par un roulement grave en faisant vibrer sa vessie natatoire.

- . moulage d'un poisson étendard mâle
- . interactif : écoutez le chant du mâle
- . **Equetus lanceolatus**, poisson étendard, Jackknife fish, gebande riddervis

Et si mon partenaire est vraiment TRÈS loin ?

En mer, à la limite entre les eaux chaudes de surface et les eaux froides et denses de fond (entre -600 et -1200 m), se forme le canal acoustique, un « tunnel » dans lequel les sons peuvent rebondir entre les deux masses d'eau sur des centaines de kilomètres, voire plus.

- . interactif : comparez le trajet d'un son à différentes profondeurs



Sifflements, cliquetis, claquements de dents, ultrasons... Tous ces cris, plutôt aigus, ont valu aux bélugas le surnom de « canaris des mers ». À courte distance, c'est ainsi qu'ils communiquent et se localisent. Par contre, ils utiliseraient le canal acoustique pour les messages à longue distance.

- . moulage d'un béluga mâle
- . interactif : écoutez différents cris du béluga
- . **Delphinapterus leucas**, béluga, beluga, beloega



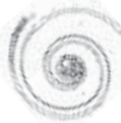


2.2. Dans l'air

Par manque de luminosité, les **couleurs** peuvent s'estomper. Un feuillage dense peut empêcher la lumière de parvenir jusqu'au sol. Du coup, tout ce qui s'y trouve prend une teinte verdâtre, même des tons vifs comme le bleu et le rouge !

Comme dans l'eau, la portée des **sons** varie en fonction de leur fréquence (les aigus voyagent moins loin que les graves). Mais en plus, une végétation touffue en absorbe une grande partie (ce n'est pas pour rien que l'on plante des arbres le long des autoroutes !).

Finalement, si elles sont suffisamment concentrées, ce sont peut-être les **phéromones** qui sont les plus efficaces, d'autant qu'elles peuvent être utilisées à n'importe quel moment du jour ou de la nuit...



Spirale « vue »

En milieu terrestre ? Essayez les couleurs !

La couleur est très efficace en milieu ouvert, comme le prouvent des papillons tels que le petit coliaide, le piéride damier, le citron de Provence et l'aurore. D'autant que pour passer inaperçus, il leur suffit de fermer les ailes.

- . spécimens naturalisés des quatre espèces (un couple de chaque)
- . interactif : essayez de distinguer mâles et femelles
- . **Eurema lisa**, petit coliaide, little yellow, witje
- . **Pontia protodice**, piéride damier, checkered white, dambordwitje
- . **Gonepteryx cleopatra**, citron de Provence, Cleopatra, Zuid-europese citroenvlinder
- . **Anthocaris cardamines**, aurore, orange tip, oranjetipje

Et si les couleurs sont faussées ?

Un feuillage dense se comporte comme un filtre coloré. Seuls le vert, le jaune et l'orange restent suffisamment voyants.

- . interactif : faites monter et descendre un oiseau coloré sous les frondaisons et observez le résultat

Les anoles verts mâles ont, sous la gorge, un repli de peau rosée qu'ils déploient quand ils courtisent leurs belles. Chez d'autres anoles, le fanon peut aller du rose fluorescent au rouge vif en passant par le brun et le jaune. Ces couleurs varient selon l'endroit où ils vivent.

- . spécimens naturalisés des trois anoles (un mâle de chaque)
- . séquence vidéo

- . **Anolis carolinensis**, anole vert, green anole, roodkeelanolis
- . **Anolis cristatellus**, anole à crête, Puertorican crested anole, kam-anolis
- . **Anolis sagrei**, anole brun, brown anole, Sagra's anolis

Et s'il fait sombre ?

Dans la forêt équatoriale, l'épais feuillage absorbe 99% de la lumière. Le manakin à gorge blanche est donc obligé de parader dans les rares taches de lumière pour mettre en valeur les zones plus claires de son plumage.

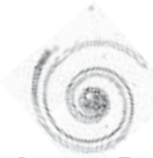
- . spécimen naturalisé d'un manakin mâle
- . séquence vidéo
- . **Corapipo gutturalis**, manakin à gorge blanche, white throated manakin, witkeelmanakin

Et s'il fait noir ?

Les lucioles, insectes de nuit, produisent de la lumière selon un rythme propre à chaque espèce. Elles se reconnaissent et se séduisent ainsi. Mais en plus, chez les lucioles asiatiques, les mâles se rassemblent dans un même arbre et clignent de manière parfaitement synchrone.

- . spécimens naturalisés de lucioles asiatiques (un couple)
- . interactif : observez différents groupes de lucioles synchronisées ou non
- . **Pteroptyx sp.**, luciole asiatique / tropicale, tropical firefly, tropische vuurvlieg





Spirale « son »

Des sons. En plein air, ça devrait bien porter.

Beaucoup d'insectes strident. Ce son aigu ne porte pas bien loin mais dans le cas des criquets, ce n'est pas grave : les populations sont denses et les femelles ne sont pas loin.

- . spécimens naturalisés des trois criquets (un couple de chaque)
- . interactif : écoutez le chant de ces trois criquets
- . **Chorthippus brunneus**, criquet, grasshopper, bruine sprinkhaan
- . **Chorthippus biguttulus**, criquet, grasshopper, ratelaar
- . **Chorthippus parallelus**, criquet, grasshopper, krasser

Et si mon partenaire est loin de moi ?

Comme dans l'eau, les sons graves voyagent plus loin que les sons aigus.

- . interactif : comparez des sons graves, moyens et aigus émis de plus en plus loin de vous

Le soir, parfaitement camouflé au milieu des roseaux, le mâle du butor étoilé appelle sa femelle (souvent éloignée) avec un chant guttural doux et très grave, un « oong-ka choonk » qui fait penser au bruit d'une vieille pompe et qui, surtout, porte à plusieurs kilomètres.

- . spécimen naturalisé d'un butor mâle
- . interactif : écoutez le chant du butor
- . **Botaurus stellaris**, butor étoilé, European butor, roerdomp

Et si je suis tout petit ?

Pour produire un son, il faut une source sonore et une caisse de résonance. Et plus le son est grave, plus la caisse de résonance doit être grande. Mais le corps des petits animaux n'est pas fait pour produire des sons graves : il n'est pas assez grand pour faire caisse de résonance...

- . interactif : déterminez la taille optimale de la caisse de résonance pour différents sons

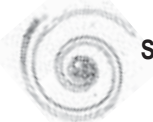
En général, les cris des petits animaux sont aigus et assez faibles. Pourtant, le taupe-grillon, dont le chant est grave, arrive à se faire entendre plus loin qu'il ne le devrait : il chante à l'entrée de son terrier, qui fait caisse de résonance.

- . spécimens naturalisés de taupes-grillons mâles
- . interactif : en faisant vibrer une lame, reproduisez les stridulations du taupe-grillon à plus ou moins grande distance de son terrier
- . **Gryllotalpa gryllotalpa**, taupe-grillon / courtilière, mole cricket, veenmol

Et si mon signal est déformé ?

Dans une forêt, un chant simple, grave et à variation lente comme celui du pigeon ramier est moins déformé par les obstacles (troncs d'arbres, feuillage...) qu'un chant aigu et complexe, aux nombreux trilles et ornements comme celui de l'alouette.

- . spécimens naturalisés des deux oiseaux (des mâles)
- . interactif : écoutez le chant de ces deux oiseaux en forêt et en plein champ
- . **Columba palumbus**, pigeon ramier, wood pigeon, houtduif
- . **Alauda arvensis**, alouette, skylark, veldleeuwerik



Spirale « goût / odeur »

En plein air, essayez les signaux chimiques – goûts et odeurs.

Les papillons de nuit attirent leurs partenaires à l'aide de phéromones. Ainsi, le mâle de la mite des Caraïbes en pulvérise sur les antennes (organes de l'odorat) de la femelle. Si leur quantité et qualité lui conviennent, elle accepte l'accouplement.

- . spécimens naturalisés de teignes des Caraïbes (un couple) et de carpocapses des prunes (un couple)
- . **Utetheisa ornatrix**, teigne des Caraïbes, Caribbean moth, Caribische beervlinder
- . **Grapholita funebrana**, carpocapse des prunes, plum ruit moth, pruimenmade

Et si je ne produis pas d'odeur continue ?



À la saison des amours, la femelle du microcèbe imprègne ses mains d'urine. Elle laisse ainsi une trace odorante partout où elle pose ses mains. En léchant ou en reniflant ces traces, les autres savent s'ils ont affaire à une partenaire potentielle. Si c'est le cas, ils n'ont plus qu'à remonter la piste.

- . spécimen naturalisé d'un microcèbe femelle
- . séquence vidéo
- . ***Microcebus murinus***, microcèbe, lesser mouse lemur, dwergmaki

3. Fatale, l'attraction ?

Attirer et séduire un partenaire sexuel n'est pas toujours sans risques. En effet, des « espions » veillent : ils interceptent les messages et utilisent les informations ainsi véhiculées à leur profit. Ces espions sont soit des rivaux, qui profitent de l'énergie dépensée par un autre prétendant pour avoir accès aux partenaires séduites, soit des prédateurs qui localisent leur proie grâce aux messages interceptés.

Les imposteurs ne sont pas loin non plus. Insectes, araignées, poissons et même plantes sont capables d'imiter les signaux de séduction d'autres animaux. Et quand ils le font, ce n'est pas pour conter fleurette à celui ou celle qui s'est fait berné...

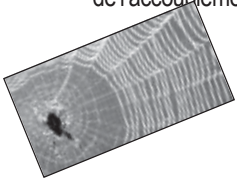


À lire (dans la rubrique « Quelques articles scientifiques pour en savoir plus ») :
Rivalités et choix : la sélection sexuelle (Anne Teyssède, consultante et auteur en écologie)

3.1. Les profiteurs

La saison des amours est une véritable aubaine pour les prédateurs. Il leur suffit de tendre l'oreille et d'ouvrir grand les yeux : les proies – plutôt discrètes d'habitude – font un tel chahut ou se parent de telles couleurs qu'il devient très facile de les repérer. Malheureusement pour elles, elles n'ont pas d'autre choix : ce n'est pas en restant caché qu'on trouve des partenaires !

Pour les mâles « satellites », la saison n'est pas mauvaise non plus. Leur technique ? Se poster non loin de mâles plus expérimentés, attendre qu'ils fassent tout le travail (combattre les rivaux, parader) et se faire passer pour eux pendant ce temps. L'avantage ? Ceux qui recourent à ce stratagème sont souvent moins costauds ou encore fort jeunes (ils ont donc normalement peu de chances de posséder un territoire et encore moins d'y attirer une femelle), ils ne risquent pas de se faire blesser lors d'un combat et ils sont en pleine forme au moment de l'accouplement.



Les spécimens

« Des oreilles dans le ciel »

Chez les grenouilles tungara, c'est avec des chants complexes et graves que le mâle attire les femelles... et un de ses prédateurs, la chauve-souris *Trachops*.

- . spécimen naturalisé d'une chauve-souris femelle et moulage d'une grenouille mâle
- . interactif (borne informatique) : vous êtes une grenouille tungara mâle, essayez d'attirer une femelle sans vous faire manger
- . ***Physalaemus pustulosus***, grenouille tungara, tungara frog, tungarakikker
- . ***Trachops cirrhosus***, chauve-souris, bat, kikkeretende vleermuis





« Les dangers de la sérénade »

Le crapaud accoucheur appelle les femelles en sifflant. Si l'une d'elles lui répond, il sort de sa cachette et siffle plus fort. Mais à découvert, il devient une proie facile pour la chouette hulotte.

- . spécimen naturalisé d'une chouette mâle et moulage d'un crapaud mâle
- . interactif : vous êtes un crapaud accoucheur mâle, appelez les femelles mais sachez que ce n'est pas sans risque...
- . *Alytes obstetricans*, crapaud accoucheur, midwife toad, vroedmeesterpad
- . *Strix aluco*, chouette hulotte, tawny owl, bosuil

« Discrète brillance »

Chez les poissons *Poecilia reticulata*, des guppy, le mâle parade en plein jour : les femelles apprécient quand ses taches oranges sont bien brillantes et donc bien éclairées. Le hic ? Les prédateurs, comme les poissons *Crenicichla*, rattrapent aussi dès que le mâle se montre !

- . moulages de guppy mâles et femelles et de *Crenicichla* mâle
- . interactif : vous êtes un guppy femelle, à quel moment le mâle doit-il parader pour vous séduire sans se faire manger ?
- . *Poecilia reticulata*, guppy, guppy, guppy
- . *Crenicichla alta*, / , cichlid fish, snoekcichlide

« Dangereux pique-assiette »

La mouche parasite *Ormia* utilise le mâle du grillon comme nourriture. Elle le localise quand il appelle une femelle, lui saute sur le dos et y dépose ses larves. Celles-ci se développent en le mangeant de l'intérieur.

- . spécimens naturalisés d'une mouche parasite femelle et d'un couple de grillons
- . interactif : lisez la BD de votre choix (avec ou sans « happy end »)
- . *Ormia ochracea*, mouche parasite *Ormia*, tachinid fly, sluipvlieg
- . *Gryllus lineaticeps*, grillon, variable field cricket, variabele veldkrekkel

« Coup fourré »

Chez les crapauds dorés, il faut être orange vif pour plaire aux femelles. Les juvéniles, n'ont donc aucune chance... à moins d'intercepter les femelles quand elles s'approchent des crapauds matures.

- . moulages de crapauds dorés mâles et femelles
- . interactif : assistez à une simulation de la scène
- . *Bufo periglenes*, crapaud doré, golden toad, rode pad

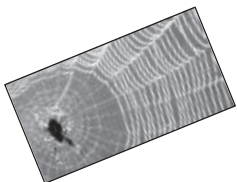


moins colorés, prochent des crapauds matures.

3.2. Les imposteurs

Certains animaux sont capables de se faire passer pour ce qu'ils ne sont pas : des partenaires potentiels. Se forment alors d'étranges « couples » entre animaux de différentes espèces : abeille-coléoptère, papillon de nuit-araignée... Le plus incroyable, c'est quand les plantes s'y mettent aussi !

Évidemment, il ne s'agit pas de se reproduire mais plutôt, pour ceux qui se font avoir, de servir de moyen de transport... ou de repas !



Les spécimens

« Du morse chez les lucioles »

Chez les lucioles, à chaque espèce son code ! Le mâle émet une série de signaux lumineux puis attend : si la femelle répond de la même façon, il peut approcher ; sinon, il va voir ailleurs. Mais les femelles *Photuris versicolor* imitent le code des *Photinus sp.* : elles les attirent et les mangent !

- . spécimens naturalisés d'une *Photuris* femelle et de *Photinus pyralis* et *carolinus* mâles
- . interactif (borne informatique) : vous êtes une luciole *Photinus* mâle, essayez de séduire une femelle de votre espèce
- . *Photuris versicolor*, luciole *Photuris*, *Photuris* firefly, Photurisvuurvlieg
- . *Photinus sp.*, luciole *Photinus*, *Photinus* firefly, Photinusvuurvlieg

« Tragique méprise »

Chez les poissons *Rivulus*, le mâle reconnaît la femelle à l'ocelle de sa queue. Il se place devant elle en lui tournant le dos et la séduit en dansant. Mais le jeune *Erythrinus*, un prédateur, a lui aussi une telle tache. Et quand le *Rivulus* lui tourne le dos, il le happe par la queue.

- . moulagés de *Rivulus* (un couple) et de deux *Erythrinus* mâles (un adulte et un juvénile)
- . interactif : visionnez la vidéo de votre choix (avec ou sans « happy end »)
- . *Rivulus agiliae*, / , cyprinodont fish, agila-rivulus
- . *Erythrinus erythrinus*, / , characid fish, forelzalm

« Bonnes vibrations »

Chez les araignées sauteuses d'Australie, *Portia* imite la vibration que le mâle de *Euryattus sp.* utilise pour faire sortir la femelle de son nid formé, d'une feuille enroulée suspendue à un fil. Du coup, quand celle-ci sort, elle se fait manger !

- . spécimens naturalisés d'*Euryattus* (un couple) et d'une *Portia* mâle
- . interactif : visionnez la vidéo de votre choix (avec ou sans « happy end »)
- . *Portia fimbriata*, araignée sauteuse, jumping spider, spinnenetende springspin
- . *Euryattus sp.*, araignée sauteuse, jumping spider, bladrolspringspin

« Bêtes de sexe »

Regroupées en paquets, les larves du coléoptère *Meloe franciscanus* ressemblent à la femelle de l'abeille *Habropoda*. Le mâle n'y voit que du feu : ils s'accouplent et elles s'agrippent. Il les transporte ainsi jusqu'à une vraie femelle qui les mènera à ses larves et ses réserves de pollen...

- . spécimen naturalisé d'une abeille mâle et sculpture des larves
- . interactif : lisez la BD de votre choix (avec ou sans « happy end »)
- . *Meloe franciscanus*, méloé , blister beetle, oliekever
- . *Habropoda pallida*, abeille *Habropoda*, *Habropoda* bee, Habropodabij

« Pétanque mortelle »

L'araignée bola attrape les noctuelles d'automne, des papillons de nuit, en laissant pendre une boule de soie gluante sous elle et en imitant l'odeur de la noctuelle femelle : dès qu'un mâle approche, elle lance sa « bola » sur lui.

- . spécimens naturalisés de noctuelles (un couple) et d'une araignée femelle
- . interactif : visionnez la vidéo de votre choix (avec ou sans « happy end »)
- . *Mastophora dizzydeani*, araignée bola, bola spider, bolaspin
- . *Spodoptera frugiperda*, noctuelle d'automne, armyworm moth, Spodopteramot

« L'orchidée était trop belle »

Les orchidées de Sardaigne imitent la forme, les couleurs et l'odeur de l'osmie rousse femelle. Se faisant avoir à chaque fois,

le mâle transporte de fleur en fleur le pollen nécessaire à leur fécondation. Sans lui, les orchidées ne pourraient pas se reproduire !

- . spécimen naturalisé d'une abeille mâle et modèle en tissu et résine de l'orchidée
- . interactif : testez votre vue (vous laisseriez-vous prendre si vous étiez une abeille mâle ?)
- . *Ophrys panattensis*, orchidée de Sardaigne, Sardinia orchid, orchidee uit Sardinië
- . *Osmia rufa*, osmie rousse, red mason bee, rosse metselbij

« La trahison »

Il existe des appeaux qui reproduisent le chant d'oiseaux tels que le chevalier gambette, le merle ou la poule d'eau. Les ornithologues les utilisent souvent, les chasseurs aussi...

- . spécimens naturalisés des trois oiseaux (un mâle de chaque)
- . interactif : écoutez les oiseaux chanter et retrouvez l'appeau correspondant à chacun
- . *Tringa totanus*, chevalier gambette, redshank, tureluur
- . *Turdus merula*, merle, blackbird, merel
- . *Gallinula chloropus*, poule d'eau, moorheen, waterhoen



4. ET CHEZ L'HOMME ?

La réponse sous forme d'un clin d'œil... Surprise !

Quelques articles scientifiques pour en savoir plus



La transmission des sons (Jean Wallenborn, ULB)

Si vous avez eu la malchance de vous trouver dans le train, le métro ou le tram à côté d'un utilisateur de walkman, vous savez que la musique, que l'on peut supposer harmonieuse, est, dans le processus d'atténuation du son qui devrait éviter que vous soyez gêné, déformée à un point tel que l'on n'en reconnaît que le rythme sur un ton monocorde. Ou bien, si vous logez à quelque distance d'une discothèque, peut-être que le samedi soir, la grosse caisse vous empêche de dormir alors que vous n'entendez pas les autres instruments. Ainsi, en voyageant, les sons subissent des distorsions dont les causes peuvent être multiples.

Les sons sont produits par des objets (ou des organes d'animaux) en vibration. Les vibrations sont communiquées au milieu ambiant (air, eau ou matériaux du sol) y provoquant de petites déformations, alternativement des compressions et des étirements. Ces petits mouvements de matière se transmettent de proche en proche : on dit qu'une onde se propage. Lorsqu'elles atteignent les oreilles, ces déformations du milieu, si elles ne varient ni trop rapidement ni trop lentement, sont détectées comme des sons. Remarquons que les ondes sonores ont besoin d'un support matériel pour se propager : il n'y a pas de son dans l'espace intersidéral.

Un modèle d'onde que chacun a l'occasion d'expérimenter est représenté par les «ronds dans l'eau». Lorsqu'une pierre est lancée au milieu d'une mare, des vaguelettes de forme circulaire s'écartent à vitesse constante du point de chute : ce sont des ondes qui se propagent à la surface de l'eau. La distance entre deux crêtes (ou celle entre deux creux) est appelée *longueur d'onde*, le nombre de crêtes qui passent par seconde en un point donné est la *fréquence* et la hauteur de la vague est l'*amplitude* de l'onde. Comme la vitesse des ondes est constante dans un milieu donné, la fréquence est inversement proportionnelle à la longueur d'onde : à une basse fréquence correspond une grande longueur d'onde.

Contrairement aux «ronds dans l'eau», les ondes sonores ne sont pas visibles et ne se produisent pas sur une surface, mais dans un volume ; en absence d'obstacles, des ondes sphériques se propagent à partir de la source du son, puisque la sphère est l'équivalent du cercle en trois dimensions.

L'*intensité* d'une onde, c'est-à-dire l'énergie qu'elle transporte, est proportionnelle au carré de son amplitude (au carré de sa hauteur dans le cas du rond dans l'eau). Comme une fois qu'elle a quitté sa source, l'onde n'est plus nourrie en énergie, à mesure que son rayon grandit, son amplitude diminue. A partir d'une certaine dimension le rond dans l'eau s'estompe, sa hauteur est insuffisante pour être perçue. De la même manière, l'intensité de l'onde sonore sphérique diminue comme l'inverse du carré de la distance à la source, c'est-à-dire qu'à 10 mètres de la source, le son est 100 fois moins fort qu'à 1 mètre. Dans ce cas, l'atténuation du son est simplement due à l'extension de l'onde et est la même pour toutes les fréquences. Un son, qui est généralement composé de nombreuses ondes de fréquences différentes, n'est donc pas déformé par cette atténuation, mais à une distance suffisamment grande de la source, il peut devenir trop faible pour être distingué du bruit ambiant.

Même si l'on parvenait à empêcher complètement les ondes de s'étendre, dans un couloir étroit par exemple (voir le texte sur le SOFAR), le son serait atténué parce que les ondes sonores cèdent un peu de leur énergie au milieu dans lequel elles se propagent. On parle alors d'atténuation par *absorption*. L'absorption est plus importante dans l'air que dans l'eau, mais dans les deux milieux, l'absorption est beaucoup plus efficace pour les sons aigus (de haute fréquence) que pour les sons graves. C'est pourquoi seule la grosse caisse de la discothèque vous a empêché de dormir.

Les amplitudes des ondes sonores produites par différentes sources s'additionnent sans s'altérer mutuellement. Cette propriété permet notamment de distinguer certains sons du bruit ambiant : même en ville, on entend le pépiement des moineaux. Mais cette propriété permet aussi des interférences entre les ondes (les amplitudes peuvent aussi se soustraire les unes des autres). Ces interférences modifient l'intensité de certaines fréquences dans le temps ou dans l'espace.

Jusqu'à présent, nous avons considéré que le son se propageait librement ce qui est rarement le cas dans la nature. En effet, les changements de milieu matériel (air, eau, matériaux solides) sont autant d'obstacles pour le son. Cependant, seuls les obstacles qui sont d'une taille comparable ou plus grande que la longueur de l'onde sonore ont une influence sur sa propagation. Comme dans la nature de nombreux obstacles sont de petite taille, ce sont à nouveau les sons de petite longueur d'onde, donc aigus, qui sont les plus affectés. Lorsqu'une onde sonore rencontre un obstacle beaucoup plus grand que sa longueur d'onde, en général, elle est en partie réfléchie, ce qui produit un écho, et elle est en partie transmise dans l'obstacle, dans lequel elle se propage alors avec une nouvelle direction, une autre vitesse et parfois une plus grande absorption. Essentiellement, l'intensité réfléchie est d'autant plus grande que la variation de densité (ou de poids d'un cm³ de matière) entre les deux milieux de propagation est grande. Le son qui vient de l'air a du mal à passer dans l'eau alors que les sons produits dans l'eau traversent sans peine les poissons.

Les obstacles dont la taille est comparable à la longueur d'onde sont les plus perturbants. Ils peuvent modifier la direction de propagation, réfléchir ou absorber l'onde, produire des interférences, voire diffuser le son, c'est-à-dire le renvoyer dans toutes les directions. Toutes ces perturbations ont des effets différents sur les ondes de différentes fréquences qui composent le son et contribuent donc fortement à sa déformation.

Après de tels avatars, il arrive que des parties du son ont suivi des chemins de longueurs différentes entre la source et le récepteur et ont donc mis des temps différents pour arriver à ce dernier. Des sons qui ont été émis successivement sont alors mélangés au niveau du récepteur comme le fait la réverbération dans une cathédrale, ce qui rend difficile la reconnaissance du son.

Malgré tous ces processus susceptibles de déformer les sons, les animaux - et les humains - sont encore à même de se faire entendre et reconnaître. Mais la variété de stratégies que la nature a dû inventer pour cela est tout à fait extraordinaire.

La vision et les signaux UV (Marc Théry, CNRS-MNHN)

L'apparence peut être illusoire, car la couleur est dans les yeux de l'observateur. Pendant longtemps, l'homme n'a eu que ses yeux pour connaître les couleurs du monde. A partir des années 1970, l'étude de la vision des animaux nous a révélé d'autres perspectives. Alors que nous sommes (sauf les daltoniens !) sensibles au bleu, au vert et au rouge, beaucoup d'oiseaux perçoivent en plus l'ultraviolet qui leur permet de voir une plus large palette de couleurs. Ceci a bien changé notre vision des parades. Par exemple, le mâle et la femelle de la mésange bleue étaient connus pour avoir la même couleur jusqu'en 1998, quand des chercheurs britanniques et suédois ont découvert que les mâles avaient une calotte bleue beaucoup plus riche en ultraviolet ! Ce n'est pas par hasard : les femelles utilisent cette intensité de l'ultraviolet pour évaluer la « qualité » mâles. Les femelles qui s'accouplent avec les mâles les plus vivement colorés produisent plus de mâles, alors que celles qui ne trouvent que des mâles peu ultraviolets produisent plus de femelles. Les mâles plus ultraviolets survivent mieux l'hiver suivant, ce qui assure la perpétuation du signal.

La vision et les signaux ultraviolets sont aussi très répandus chez les insectes, qui sont par contre souvent aveugles au rouge. Beaucoup de poissons et de reptiles y sont aussi sensibles. L'ultraviolet est aussi présent dans les couleurs des fleurs ou des fruits qui dépendent des animaux percevant l'ultraviolet pour transporter leur pollen ou leurs graines.

Alors que la plupart des mammifères, dont l'homme, ne voient pas distinctement les ultraviolets, leurs proies que sont les oiseaux ou les insectes y sont généralement très sensibles. On a donc rapidement pensé que l'ultraviolet constituait un « canal privé » pour les oiseaux qui communiqueraient entre eux sans être visibles par des mammifères prédateurs aveugles aux ultraviolets. Cette hypothèse séduisante a vite été contredite quand les chercheurs ont découvert que les rapaces prédateurs de petits oiseaux étaient aussi sensibles à l'ultraviolet : il n'y aurait donc pas de canal privé de communication à l'abri des prédateurs. Les spéculations courent toujours, car on vient de trouver en Amérique du Nord un poisson qui utilise l'ultraviolet pour ses parades alors que ses prédateurs y sont aveugles ! En l'absence de ce prédateur, une espèce très proche n'utilise pas l'ultraviolet mais seulement le spectre « visible »... On voit bien ici l'intérêt de développer cette sensibilité particulière. Il faut pourtant se garder de considérer l'ultraviolet séparément des autres couleurs, c'est tout l'ensemble qui compte !

Les recherches sur la communication colorée n'en sont qu'à leur début. Elles progressent rapidement grâce au développement de la micro-électronique et à la modélisation des « espaces colorés », qui tiennent compte de la sensibilité propre à chaque espèce.

La sélection naturelle (M. Blandin, MNHM - Paris)

Sauf dans le cas de vrais jumeaux, les humains sont tous plus ou moins différents les uns des autres. Cette diversité porte non seulement sur des caractères immédiatement visibles –la taille, la couleur de la peau, celle des yeux- mais aussi sur des caractères tels que la résistance à certaines maladies, à certains parasites. La diversité des individus, bien connue chez l'homme, est une réalité chez toutes les espèces.

De façon générale, cette diversité se traduit par des différences, d'un individu à l'autre, dans leur capacité d'adaptation à leur environnement et à ses changements. De ce fait, certains individus se révèlent avoir plus de chances que d'autres d'atteindre la maturité sexuelle et d'avoir une descendance.

Les caractères d'un individu sont en partie déterminés par les gènes contenus dans son patrimoine génétique, formé au moment de la fécondation, par l'assemblage des chromosomes contenus les uns dans l'ovule, les autres dans le spermatozoïde. Lorsque l'individu se reproduit à son tour, il transmet, par ses cellules sexuelles, une part de son patrimoine génétique à chacun de ses descendants. Les caractères génétiquement déterminés sont donc susceptibles d'être ainsi transmis héréditairement.

On comprend que les individus les moins adaptés à leur environnement aient moins de chances que les autres de transmettre leurs caractères aux générations suivantes, au point que, petit à petit, ces caractères sont susceptibles de disparaître, faute d'être transmis. A l'inverse, les caractères des individus les mieux adaptés deviennent de plus en plus fréquents. Ces différences dans l'efficacité de la transmission des caractères héréditaires, selon les performances des individus qui les portent, résultent donc une sélection des caractères, en quelque sorte triés naturellement, par l'environnement.

Tel serait le mécanisme fondamental –la sélection naturelle- expliquant la transformation des espèces au cours du temps et leur diversification en fonction des environnements différents auxquels elles ont été confrontées de génération en génération. On conçoit ainsi que les caractéristiques de signaux utilisés par les animaux puissent être précisément adaptées aux caractéristiques des environnements où ils vivent, du fait d'une sélection portant sur des individus aux performances diverses quant à leur mode de communication.

Transmission de la lumière dans l'eau et dans l'air (Marc Théry, CNRS-MNHN)

La lumière change de couleur avec l'environnement. Comme dans une discothèque, l'éclairage rend plus ou moins visibles les ornements aux partenaires potentiel(le)s ! Par exemple, l'eau des océans absorbe très rapidement l'ultraviolet, le rouge et l'infrarouge du soleil, produisant le « grand bleu » qui caractérise la pleine mer. Un poisson rouge sera donc bien visible à la surface de l'océan, mais n'apparaîtra plus qu'orange à 5-10 m pour devenir noir en profondeur. Bien inefficace pour parader ! L'eau prend aussi d'autres couleurs, comme le vert du phytoplancton ou le rouge des tannins, auxquelles les poissons ou les crustacés doivent s'adapter pour communiquer. Mais attention de ne pas trop se montrer aux prédateurs...

Comme l'eau change la lumière, la végétation des forêts transforme l'apparence colorée. Alors que l'éclairage du soleil est presque blanc, l'ombrage des sous-bois denses est pauvre en bleu et en rouge, la chlorophylle créant une ombre verte. Lorsque la végétation est plus clairsemée, comme dans une forêt sèche, l'ombre est un mélange de bleu du ciel et de vert des feuilles. Au contraire, les petites taches de soleil, pauvres en bleu et en vert, sont d'apparence orangée. A l'aube et au crépuscule, la filtration prolongée des premiers rayons du soleil par la couche d'ozone produit cet éclairage pourpre si subtil...

Toutes ces couleurs, et celles du fond, sont utilisées par des oiseaux, des poissons ou des insectes pour attirer plus efficacement leur partenaire. Chacun d'entre eux s'habille des couleurs de la lumière ambiante du lieu et du moment où il parade, en évitant de prendre les couleurs réfléchies par le fond. L'homme aurait-il vraiment inventé les jeux de lumière et les costumes brillants des salles de spectacle ? Les insectes, les crustacés, les céphalopodes, certains poissons et oiseaux sont aussi sensibles à la polarisation de la lumière, qui indique la direction du soleil. Elle est très utile pour s'orienter, communiquer ou trouver une belle proie. La variation de la lumière polarisée est moins bien connue que celle du spectre « visible » ou des ultraviolets. On sait cependant qu'elle varie beaucoup dans les milieux forestiers. Alors que les insectes détectent la polarisation de la lumière dans l'ultraviolet (riche dans la lumière solaire directe), les animaux aquatiques détectent la lumière polarisée dans le vert. Il existe donc une relation étroite entre les couleurs de la lumière ambiante, celles des signaux, et l'équipement visuel de nos séducteurs.

Le SOFAR ou canal sonore profond (Jean Wallenborn, ULB)

Si, dans un couple qui marche en se tenant par la main, une seule des deux personnes ralentit, l'autre aura tendance à décrire un cercle dans la direction du compagnon lent. La direction de leur déplacement va alors changer jusqu'à ce qu'ils accordent leurs pas. Le conducteur d'un engin à chenilles applique ce principe pour tourner : il ralentit la chenille qui se trouve dans la direction vers laquelle il veut se diriger.

Et ce principe s'applique aussi aux ondes sonores ! En effet, la vitesse du son peut varier d'un point à l'autre de l'espace.

En premier, la vitesse du son dépend du milieu dans lequel il se propage. D'une manière générale, plus un milieu est compressible et plus il est dense (c'est-à-dire plus un cm^3 de matière est lourd) et moins vite s'y propagent les ondes sonores. Si le son est 4,5 fois plus rapide dans l'eau que dans l'air, qui est 1000 fois moins dense que l'eau, c'est que l'eau est environ 20000 fois moins compressible que l'air.

Quand une onde sonore passe d'un milieu à un autre, sa direction de propagation est infléchiée vers le milieu de propagation le moins rapide. En effet, à la manière du couple qui se tient par la main ou de l'engin à chenille, lorsque la crête de l'onde sonore ne se déplace pas à la même vitesse sur toute sa longueur, elle pivote du côté de la vitesse moindre et change donc de direction de propagation. On dit que l'onde sonore est *réfractée* par analogie avec les ondes lumineuses.

Dans la mer, il n'y a pas de changement brusque de milieu, mais trois facteurs influencent la vitesse du son :

- 1) La température qui, quand elle diminue, augmente la densité de l'eau (l'eau se contracte en se refroidissant), ce qui entraîne une diminution de la vitesse du son ;
- 2) La concentration en sel qui, quand elle augmente, augmente la densité de l'eau, ce qui a tendance à diminuer la vitesse du son, mais qui en même temps diminue suffisamment la compressibilité pour que, en fin de compte, le son se propage plus vite.
- 3) La pression qui, quand elle augmente, diminue la compressibilité (plus un liquide est comprimé, moins il est facile de le comprimer davantage), ce qui provoque une augmentation de la vitesse du son.

En général, dans la mer, à partir d'une profondeur de quelques dizaines de mètres, la température diminue régulièrement jusqu'à environ 1000 m. En dessous de ce niveau, ni la température, ni la concentration en sel ne varient fort. D'autre part, la pression dans l'eau augmente depuis la surface d'environ une atmosphère tous les 10 mètres. A faible profondeur (moins de 1000 m), la température domine : la vitesse du son diminue quand la profondeur augmente. A partir de 1000 m, l'effet de pression l'emporte : la vitesse du son augmente avec la profondeur. Aux environs de 1000 m, il y a donc une couche d'eau dans laquelle le son se propage plus lentement que dans les couches supérieures ou inférieures. Cette couche est appelée SOFAR (de l'anglais «SOund Fixing And Ranging») ou canal sonore profond. Sa profondeur peut varier selon la température de l'eau de surface et la concentration en sel de la mer.

Quand un son est émis dans cette couche, il ne peut s'en échapper. Les ondes qui ont tendance à quitter le SOFAR par au-dessus ou par en dessous rencontrent un milieu où leur vitesse de propagation est plus rapide. Elles sont dès lors redirigées vers le SOFAR ; les sons se propagent en oscillant autour du plan médian du SOFAR.

L'onde qui est prisonnière du SOFAR ne peut donc pas s'étendre dans tout le volume, mais uniquement dans la couche. L'énergie qu'elle contient est dès lors beaucoup moins atténuée que dans le cas d'une onde sphérique (l'intensité diminue comme l'inverse de la distance au lieu du carré de l'inverse de la distance). Cela permet aux sons d'être entendus sur de très longues distances, ce dont profitent les baleines et les océanographes.

La bioluminescence (Jean François Rees, Université catholique de Louvain)

« Quand les mystères sont intelligents, ils se cachent dans la lumière » écrivait Giono. La bioluminescence est une émission de lumière visible par des êtres vivants. Une invention qui ne date pas d'hier : ces organismes ont, depuis la nuit des temps, éclairé les regards fascinés et envieux d'une lignée de primates qui mirent plusieurs millions d'années pour produire, ô miracle, l'ampoule électrique. A vrai dire, notre retard n'est pas encore comblé : le rendement énergétique, c'est-à-dire la quantité de lumière émise par rapport à l'énergie dépensée, est, chez ces organismes, bien supérieur à celui des technologies les plus avancées. Chez les lucioles, le rendement est proche de 100 %, autrement dit, leur système de production de lumière est le plus performant connu à ce jour. La quasi-absence de chaleur qui accompagne ces émissions de lumière leur vaut parfois le nom de lumière froide. Le secret réside dans l'efficacité d'une réaction chimique au cours de laquelle une petite molécule, appelée luciférine, est oxydée sous l'action d'une protéine, la luciférase. Dans cette réaction, une liaison unissant deux atomes d'oxygène est brisée, libérant une quantité importante d'énergie qui, concentrée dans un composé doué de fluorescence, émet alors de la lumière. Contrairement à la lumière solaire qui est composée de nombreuses couleurs révélées lors des arcs-en-ciel, la lumière biologique est généralement limitée à une seule couleur. Mais celle-ci varie selon la nature de la luciférine et de la luciférase : bleue chez la plupart des animaux marins, elle est verte, jaune, orange ou rouge chez les insectes.

A en juger par l'extraordinaire efficacité de ces systèmes, la bioluminescence joue un rôle essentiel dans la vie de ces organismes. Les fonctions de ces systèmes lumineux sont très variables et paradoxalement, rares sont les organismes qui utilisent leur luminescence pour s'éclairer ! Pour beaucoup, elle sert à communiquer. Mâles et femelles d'une même espèce peuvent s'attirer et communiquer en s'envoyant des flashes lumineux ; un prédateur peut attirer des proies ; une proie peut aveugler ses prédateurs ou les rendre plus visibles pour leurs propres prédateurs ; une larve d'insecte peut émettre une lueur qui, associée à un goût désagréable, la protégera des attaques... Mais l'utilisation la plus répandue est aussi la plus paradoxale : se rendre invisible... Glissez-vous quelques instants dans la peau d'un poisson naviguant au milieu de l'océan. Le fond et ses crevasses dans lesquelles vous pourriez vous cacher sont bien loin, à des kilomètres de profondeur, et vous voilà soumis à la menace des nombreux poissons, naviguant toutes dents dehors juste quelques mètres plus bas. Et fichtre ! Vous êtes bien visibles : votre silhouette noire se détache sur le fond bleu et fait de vous une proie des plus faciles. En quelques instants, vous voilà explorant l'estomac d'un de ces prédateurs... Arrêt sur image. Revenons quelques instants en arrière. Cette fois, votre ventre est recouvert de petits phares émettant une lumière bleuâtre. Grâce à cet habit de lumière, votre silhouette se confond maintenant à la lumière bleue qui vous entoure. Vous voilà devenu invisible pour ces prédateurs qui ne vous distinguent plus... Le succès de ce stratagème est énorme : poulpes, méduses, crevettes et poissons sont très nombreux à posséder des organes lumineux sur le ventre. Mais d'où vient ce phénomène de bioluminescence ?

L'analyse des molécules utilisées par ces organismes suggère que la capacité à produire de la lumière serait apparue indépendamment à plus de trente reprises au cours de l'évolution. Plus de trente fois inventée, avec des molécules très diverses, pour être présente parmi tous les grands groupes d'organismes, à l'exception des plantes. Les recherches menées sur l'histoire évolutive de ces mécanismes nous amènent à une conclusion étonnante : beaucoup des molécules luminescentes seraient des produits de recyclage de mécanismes de défense contre l'oxydation des tissus. Des armes de défense essentielles à la survie, devenues superflues et transformées en outils de communication et de séduction. La fleur au bout du fusil ! Une belle leçon d'existence, non ?

Rivalités et choix : la sélection sexuelle (Anne Teyssède, consultante et auteur en écologie)

La vie est tout sauf un long fleuve tranquille : dans un milieu aux ressources nécessairement limitées, tout être vivant doit rivaliser avec ses congénères pour creuser et conserver sa place au soleil, obtenir sa nourriture, dénicher un partenaire sexuel disposé à s'accoupler... Que ce soit chez les mouches, les canaris, les éléphants, les épinoches ou les scorpions, la rencontre des sexes pour la reproduction n'a rien d'un tirage au sort. Dans tous ces exemples, les mâles candidats à l'accouplement doivent se démener pour évincer leurs rivaux, que ce soit par une signalisation accrue, par la force ou par toute autre tactique. De manière plus générale, les individus d'un même sexe, dit demandeur (souvent les mâles), doivent rivaliser entre eux pour obtenir les faveurs de l'autre sexe, dit demandé ou limitant (souvent les femelles).

Darwin l'a montré dès 1871 : chez les espèces sexuées, la compétition entre les membres d'un sexe pour s'accoupler engendre une pression de sélection, dite sexuelle, qui favorise l'évolution de caractères de rivalité chez ce sexe, et celle de critères de choix chez l'autre sexe. Cette compétition génère en d'autres termes deux grands types de « stratégies sexuelles », différentes chez les deux sexes : la rivalité sexuelle chez le sexe limité - qui s'appuie sur des atouts physiques très variés tels que la musculature, l'armement ou l'ornementation -, et le choix du partenaire chez le sexe limitant. Pour Darwin, la sélection sexuelle explique l'important dimorphisme sexuel observé chez tant d'espèces polygynes¹, tels que les cerfs, les lions de mer ou les téttras. Elle explique aussi l'évolution de caractères sexuels secondaires « extravagants » chez les mâles de certaines de ces espèces, tels que les immenses plumes des paons ou les énormes pinces des crabes violonistes.

L'étude des « stratégies sexuelles » des animaux, l'un des grands thèmes de recherche en éthologie depuis les années 1970, confirme et complète l'analyse de Darwin. Compétition et sélection sexuelles sont très fréquentes dans le règne animal. Chez les espèces

polygames bien sûr, puisque chez celles-ci seule une fraction des adultes du sexe demandeur, les plus compétitifs, parviennent à monopoliser les accouplements. Mais aussi chez les espèces monogames, lorsque mâles et femelles rivalisent de chaque côté pour s'accoupler avec les « meilleurs partenaires ». Dans la majorité des cas, les mâles sont le sexe demandeur, et les femelles le sexe limitant. Pourquoi donc ? Parce que les femelles, dotées d'une fécondité limitée, investissent en général plus d'énergie que les mâles dans chacun de leur rejeton.

(En général, mais pas toujours ! Lorsque les circonstances écologiques et biologiques s'y prêtent, les mâles peuvent investir autant d'énergie que les femelles, voire plus, dans chaque embryon. Chez ces espèces, respectivement monogames et polyandres², les stratégies sexuelles des mâles et des femelles sont inhabituelles. Dans le premier cas – espèces monogames –, les femelles choisissent souvent leur partenaire, mais rivalisent aussi entre elles pour accaparer ses faveurs : c'est sans doute une stratégie fréquente chez les passereaux. Ou encore, les prétendants des deux sexes doivent démontrer leur « aptitude au mariage », et choisissent leur conjoint selon ce critère : en témoignent les parades à deux, souvent spectaculaires, de nombreux oiseaux de mer, grues et autres grèbes... Dans le second cas – espèces polyandres –, les stratégies sexuelles sont inversées : ce sont les femelles qui rivalisent entre elles pour monopoliser les mâles, et les mâles qui choisissent leur partenaire – c'est le cas des jacanas ou des syngnathes par exemple.)

Traits de rivalité et critères de choix sont très variés, et dépendent de l'écologie de chaque espèce. Lorsque les ressources chères aux femelles (nourriture, sites de ponte, abris pour les jeunes...) sont dispersées, les mâles peuvent tenter de séduire l'autre sexe par une offre alimentaire substantielle : c'est le cas de divers insectes et araignées. Lorsque certaines ressources sont concentrées spatialement, en revanche, les mâles peuvent rivaliser entre eux pour occuper les meilleurs sites, recherchés par l'autre sexe. Cette stratégie territoriale est très courante chez les vertébrés. Chez certaines espèces territoriales, les mâles peuvent augmenter tout à la fois leur succès de reproduction, la valeur de leur territoire et leur propre valeur aux yeux des femelles en s'occupant de leurs petits : c'est le cas de nombreux poissons côtiers, des canidés (loups, renards, dingos...), ou encore des oiseaux monogames.

Cadeaux alimentaires, riches territoires, aide parentale... : ces différentes offres de la part des mâles sont avantageuses pour les femelles, au plan reproducteur. On comprend donc que la sélection les ait favorisées au cours de l'évolution. Plus énigmatique, les mâles de nombreuses espèces polygynes séduisent les femelles par leur seul statut dominant, ou par leur seule apparence, sans leur proposer aucun avantage matériel. C'est le cas des éléphants, des cerfs, des paons et des oiseaux jardiniers...

Comment expliquer la préférence des femelles pour les mâles « exhibitionnistes » et/ou dominants, chez tant d'espèces polygynes ? Depuis les travaux pionniers de Darwin sur la sélection sexuelle, de nombreux chercheurs ont planché sur cette question. Au plan théorique, la plupart des évolutionnistes pensent aujourd'hui que seuls peuvent évoluer les critères de choix avantageux pour les femelles. Quels avantages non matériels les mâles peuvent-ils donc proposer aux femelles, qui pourraient faire l'objet d'un choix ? Réponse : de « meilleurs gènes » et/ou une meilleure hygiène corporelle. Les premiers sont transmis en partie à la progéniture, *via* les spermatozoïdes. La seconde réduit les risques de transmission de microbes pathogènes et autres parasites, nuisibles aux femelles et à leur progéniture. Ces deux avantages sont corrélés : la résistance aux parasites (qui varie lentement au fil des générations) est en effet contrôlée par les gènes. Autrement dit : les mâles porteurs de bons gènes de résistance aux parasites sont les moins contagieux. Mais comment reconnaître les individus porteurs de bons gènes, ou exempts de parasites ? A des signaux fiables, « honnêtes », impossibles à imiter par des animaux affaiblis par les parasites et/ou porteurs de gènes défavorables.

Pour Amotz Zahavi, les signaux de séduction « honnêtes » sont nécessairement coûteux en terme de survie : ils constituent des handicaps de séduction. Puisque seuls les individus sains et vigoureux sont capables de survivre au port d'un handicap, les individus exhibant allègrement un lourd handicap indiquent par-là même leur excellente condition physique et génétique. Ainsi l'exhibition d'un plumage brillant, de bois lourds et encombrants, l'émission de vocalisations intenses et fréquentes, sont autant de manifestations « handicapantes » parce que coûteuses en énergie, provocantes pour les compétiteurs et attractives pour les prédateurs. Pour toutes ces raisons, ces signaux sont des proclamations inimitables de vigueur génétique et de bonne santé, qualités appréciées par les partenaires sexuel(le)s potentiel(le)s.

Acrobaties aériennes, déploiements de plumes ou de nageoires, parades en solitaire, à deux ou à plusieurs, combats furieux ou ritualisés... : toutes ces exhibitions aux acteurs mâles et femelles et aux jurys des deux sexes sont dirigées par la sélection sexuelle, mises en scène et produites par l'évolution. Avec la sexualité, les animaux n'ont guère le temps de s'ennuyer...

Pour en savoir plus :

- Darwin C., 1871. *The Descent of man and selection in relation to sex*. Murray ed., London.
- Fisher R.A., 1930. *The Genetical theory of natural selection*. Clarendon Press, Oxford.
- Zahavi A., 1975. Mate selection : a selection for a handicap. *J. Theor. Biol.* 53 : 205-214.
- Hamilton W.D. & M. Zuk, 1982. Heritable true fitness and bright birds : a role for parasites ? *Science* 218 : 384-387.
- Andersson M., 1994. *Sexual Selection*. Princeton University Press, Princetown.
- Teyssède A., 1995. *Les stratégies sexuelles des animaux*. Nathan ed., Paris.

¹ La polygynie est l'association d'un mâle et de plusieurs femelles, pour la reproduction.

² La polyandrie est l'association entre une femelle et plusieurs mâles, pour la reproduction.

Quelques références bibliographiques pour en savoir plus

Chemical communication. The language of pheromones.
WILLIAM C. AGOSTA, Scientific American Library, 1992.

Principles of Animal Communication.
JACK W. BRADBURY and SANDRA L. VEHRENCAMP, Sinauer Associates, 1998.

Des amours de bêtes.
CHARLOTTE DEGUELDRE, Artis-Historia (coll. ArtisCool), 2003.

Amours et stratégies.
PAUL GALAND, Artis-Historia (coll. Extraordinaire monde animal), 2002.

Sexual Selection: Mate Choice and Courtship in Nature.
JAMES L. GOULD and CAROL GRANT GOULD, Scientific American Library, 1989.

The Animal Mind.
JAMES L. GOULD and CAROL GRANT GOULD, Scientific American Library Paperback, 1999.

Les stratégies sexuelles des animaux.
ANNE TEYSSÈDRE, Nathan (coll. Science et nature), 1995.

« La communication animale » in Pour la Science, dossier n°34, janvier 2002
<http://www.pourlascience.com/>

« Animal Attraction » in National Geographic, July 2003
<http://magma.nationalgeographic.com/ngm/0307/feature2/index.html>
« Seksuele selectie » in National Geographic Nederland-België, juli 2003
<http://www.nationalgeographic.be>
« Attirance animale » in National Geographic France, juillet 2003
<http://www.nationalgeographic.fr>

Quelques sites

Les adresses changeant parfois rapidement, nous ne vous proposons qu'une liste assez courte de sites, essentiellement universitaires, dont le contenu a pu être validé par des scientifiques.

Pour vos propres recherches, nous vous conseillons d'utiliser comme mots-clés les noms scientifiques des espèces citées (en italique dans les résumés), voire leurs noms vernaculaires, éventuellement associés aux mots suivants :

parade (nuptiale) / courtship
accouplement / mating
reproduction
saison des amours / breeding season

<http://animaldiversity.ummz.umich.edu/index.html>
En anglais, recherche par noms communs et scientifiques.

<http://www.scirus.com/about/>
En anglais, recherche sur sites scientifiques uniquement.

<http://ichtyonb1.mnhn.fr/gicim/searchgicim.cfm>
En anglais, recherche par noms communs et scientifiques, sur les poissons uniquement.

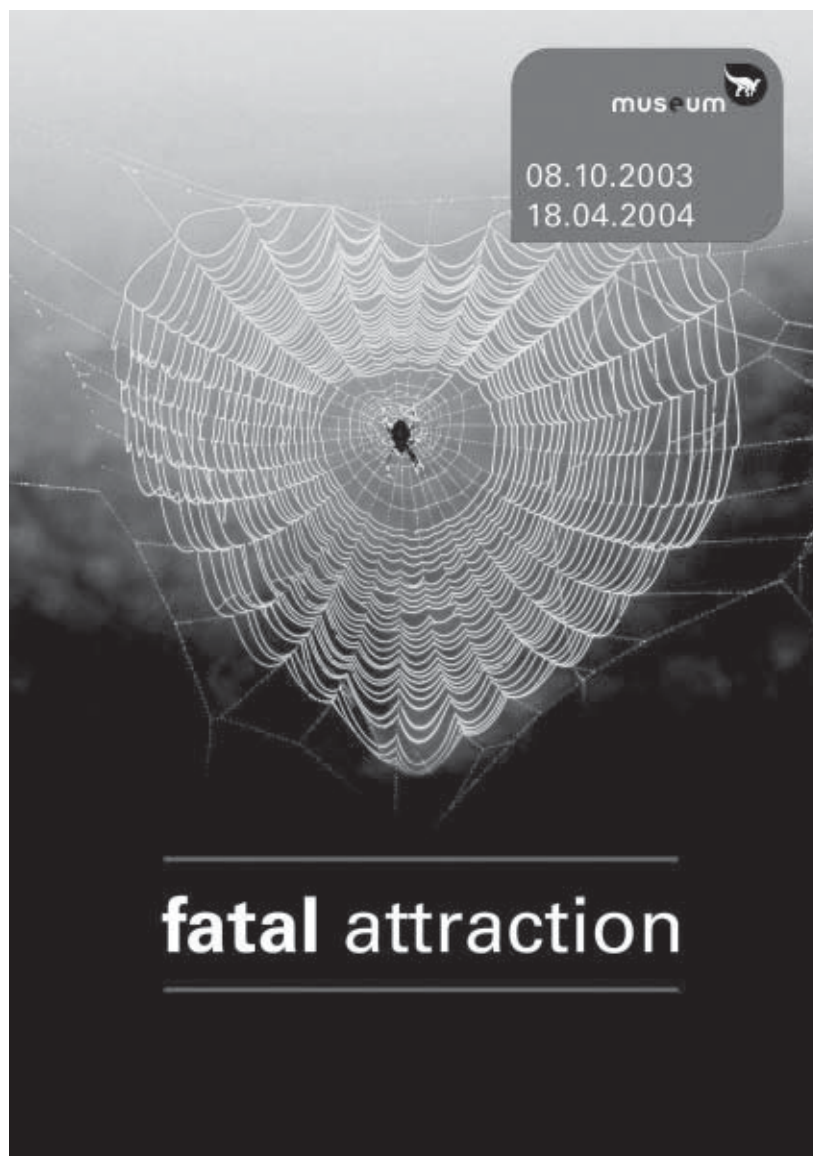
<http://mrw.wallonie.be/dgrme/sibw/especes/ecologie/home.html>
En français, fiches signalétiques d'animaux vivant dans nos régions.

<http://www.sciencesnaturelles.be>
En français, site de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique (Bruxelles).

<http://www.natuurwetenschappen.be>
En néerlandais, site de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique (Bruxelles).

www.naturalis.nl
En néerlandais, site du Nationaal Natuurhistorisch Museum (Leiden).

www.mnhn.fr
En français, site du Muséum national d'Histoire Naturelle (Paris)



www.sciencesnaturelles.be