

Année 2008

**Apprentissage référentiel de mots chez des
perroquets gris du Gabon (*Psittacus erithacus*) :
approche expérimentale**

THESE

Pour le

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Présentée et soutenue publiquement devant

LA FACULTE DE MEDECINE DE CRETEIL

Le.....

Par

Franck PÉRON

Né le 24 Août 1983 à Quimper (Finistère)

JURY

Président : M.

Professeur à la Faculté de Médecine de CRETEIL

Directeur : B. Deputte

Professeur d'éthologie à l'ENVA

Assesseur : P. Arné

Maître de Conférences en zoothéchnie à l'ENVA

Invités :

D. Bovet & L. Nagle

Maîtres de Conférences en neurosciences à Paris 10

LISTE DES MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT

Directeur : M. le Professeur MIALOT Jean-Paul

Directeurs honoraires : MM. les Professeurs MORAILLON Robert, PARODI André-Laurent, PILET Charles, TOMA Bernard
Professeurs honoraires: MM. BUSSIERAS Jean, CERF Olivier, LE BARS Henri, MILHAUD Guy, ROZIER Jacques, CLERC Bernard

DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET PHARMACEUTIQUES (DSBP)

Chef du département : Mme COMBRISSON Hélène, Professeur - Adjoint : Mme LE PODER Sophie, Maître de conférences

| | |
|---|--|
| <p>-UNITE D'ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES Mme CREVIER-DENOIX Nathalie, Professeur M. DEGUEURCE Christophe, Professeur* Mme ROBERT Céline, Maître de conférences M. CHATEAU Henri, Maître de conférences</p> <p>-UNITE DE PATHOLOGIE GENERALE , MICROBIOLOGIE, IMMUNOLOGIE Mme QUINTIN-COLONNA Françoise, Professeur* M. BOULOUIS Henri-Jean, Professeur</p> <p>-UNITE DE PHYSIOLOGIE ET THERAPEUTIQUE M. BRUGERE Henri, Professeur Mme COMBRISSON Hélène, Professeur* M. TIRET Laurent, Maître de conférences</p> <p>-UNITE DE PHARMACIE ET TOXICOLOGIE Mme ENRIQUEZ Brigitte, Professeur * M. TISSIER Renaud, Maître de conférences M. PERROT Sébastien, Maître de conférences</p> <p>-UNITE : BIOCHIMIE M. MICHAUX Jean-Michel, Maître de conférences M. BELLIER Sylvain, Maître de conférences</p> | <p>- UNITE D'HISTOLOGIE , ANATOMIE PATHOLOGIQUE M. CRESPEAU François, Professeur M. FONTAINE Jean-Jacques, Professeur * Mme BERNEX Florence, Maître de conférences Mme CORDONNIER-LEFORT Nathalie, Maître de conférences</p> <p>- UNITE DE VIROLOGIE M. ELOIT Marc, Professeur * Mme LE PODER Sophie, Maître de conférences</p> <p>-DISCIPLINE : PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES M. MOUTHON Gilbert, Professeur</p> <p>-UNITE DE GENETIQUE MEDICALE ET MOLECULAIRE M. PANTHIER Jean-Jacques, Professeur Mlle ABITBOL Marie, Maître de conférences</p> <p>-DISCIPLINE : ETHOLOGIE M. DEPUTTE Bertrand, Professeur</p> <p>-DISCIPLINE : ANGLAIS Mme CONAN Muriel, Ingénieur Professeur agrégé certifié</p> |
|---|--|

DEPARTEMENT D'ELEVAGE ET DE PATHOLOGIE DES EQUIDES ET DES CARNIVORES (DEPEC)

Chef du département : M. POLACK Bruno, Maître de conférences - Adjoint : M. BLOT Stéphane, Maître de conférences

| | |
|--|---|
| <p>- UNITE DE MEDECINE M. POUCHELON Jean-Louis, Professeur* Mme CHETBOUL Valérie, Professeur M. BLOT Stéphane, Maître de conférences M. ROSENBERG Charles, Maître de conférences Mme MAUREY Christelle, Maître de conférences</p> <p>- UNITE DE CLINIQUE EQUINE M. DENOIX Jean-Marie, Professeur M. AUDIGIE Fabrice, Maître de conférences* Mme MESPOULHES-RIVIERE Céline, Maître de conférences contractuel Melle PRADIER Sophie, Maître de conférences contractuel</p> <p>-UNITE DE REPRODUCTION ANIMALE Mme CHASTANT-MAILLARD Sylvie, Maître de conférences* (rattachée au DPASP) M. NUDELMANN Nicolas, Maître de conférences M. FONTBONNE Alain, Maître de conférences M. REMY Dominique, Maître de conférences (rattaché au DPASP) M. DESBOIS Christophe, Maître de conférences Mlle CONSTANT Fabienne, Maître de conférences (rattachée au DPASP) Melle DEGUILLAUME Laure, Maître de conférences contractuel (rattachée au DPASP)</p> | <p>- UNITE DE PATHOLOGIE CHIRURGICALE M. FAYOLLE Pascal, Professeur * M. MAILHAC Jean-Marie, Maître de conférences M. MOISSONNIER Pierre, Professeur Mme VIATEAU-DUVAL Véronique, Maître de conférences Mme RAVARY Bérandère, Maître de conférences (rattachée au DPASP) M. ZILBERSTEIN Luca, Maître de conférences contractuel M. HIDALGO Antoine, Maître de conférences contractuel</p> <p>- UNITE DE RADIOLOGIE Mme BEGON Dominique, Professeur* Mme STAMBOULI Fouzia, Maître de conférences contractuel</p> <p>- DISCIPLINE : OPHTALMOLOGIE Mlle CHAHORY Sabine, Maître de conférences contractuel</p> <p>- UNITE DE PARASITOLOGIE ET MALADIES PARASITAIRES M. CHERMETTE René, Professeur M. POLACK Bruno, Maître de conférences* M. GUILLOT Jacques, Professeur Mme MARGNAC Geneviève, Maître de conférences contractuel Mlle HALOS Lénaïg, Maître de conférences</p> <p>-UNITE DE NUTRITION-ALIMENTATION M. PARAGON Bernard, Professeur * M. GRANDJEAN Dominique, Professeur</p> |
|--|---|

DEPARTEMENT DES PRODUCTIONS ANIMALES ET DE LA SANTE PUBLIQUE (DPASP)

Chef du département : M. MAILLARD Renaud, Maître de conférences - Adjoint : Mme DUFOR Barbara, Maître de conférences

| | |
|---|---|
| <p>-UNITE DES MALADIES CONTAGIEUSES M. BENET Jean-Jacques, Professeur* Mme HADDAD/ HOANG-XUAN Nadia, Maître de conférences Mme DUFOR Barbara, Maître de conférences</p> <p>-UNITE D'HYGIENE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE M. BOLNOT François, Maître de conférences * M. CARLIER Vincent, Professeur Mme COLMIN Catherine, Maître de conférences M. AUGUSTIN Jean-Christophe, Maître de conférences</p> <p>- DISCIPLINE : BIOSTATISTIQUES M. SANAA Moez, Maître de conférences</p> | <p>- UNITE DE ZOOTECNIE, ECONOMIE RURALE M. COURREAU Jean-François, Professeur M. BOSSE Philippe, Professeur Mme GRIMARD-BALLIF Bénédicte, Professeur Mme LEROY Isabelle, Maître de conférences M. ARNE Pascal, Maître de conférences M. PONTER Andrew, Maître de conférences*</p> <p>- UNITE DE PATHOLOGIE MEDICALE DU BETAIL ET DES ANIMAUX DE BASSE-COUR M. MILLEMANN Yves, Maître de conférences* Mme BRUGERE-PICOUX Jeanne, Professeur (rattachée au DSBP) M. MAILLARD Renaud, Maître de conférences M. ADJOU Karim, Maître de conférences</p> |
|---|---|

Mme CALAGUE, Professeur d'Education Physique

* Responsable de l'Unité Mme GIRAUDET Aude Clinique équine, Ingénieur de recherche

Remerciements

A Monsieur le Professeur de la faculté de Médecine de Créteil, qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury.

A Bertrand Deputte, professeur d'éthologie, qui a accepté de diriger ma thèse malgré des délais imposés très courts. Merci pour sa confiance, son soutien et sa disponibilité.

A Pascal Arné, Maître de conférences en zootechnie, qui a accepté d'être assesseur de ma thèse. Merci pour son soutien.

A Laurent Nagle, Maître de conférences en neurosciences, qui a accepté d'être invité du jury. Merci pour ta confiance et tes conseils justes et rigoureux ainsi que ta disponibilité.

A Dalila Bovet, Maître de conférences en neurosciences, qui a accepté d'être invitée du jury. Merci pour ta confiance, ton soutien et ta disponibilité. Merci pour ta passion des perroquets et pour ton côté « organisé » qui met de l'ambiance dans la Parrot team.

Un grand merci à Nicolas Giret, docteur en neurosciences, pour toujours avoir des solutions rigoureuses et des réponses pertinentes sur tous les sujets. Merci pour ton soutien et ton professionnalisme. Merci d'avoir été Modèle/Rival pour mes débuts en éthologie.

Merci à l'équipe du Laboratoire d'Ethologie et de Cognition Comparées de Nanterre : au directeur, aux animaliers, aux stagiaires, aux docteurs, doctorants et titulaires pour votre accueil, votre bonne humeur et votre sérieux. Merci de m'avoir supporté.

Merci à Solenn pour accélérer le temps en cours par sa bonne humeur et sa joie de vivre.

Merci au groupe 2, le groupe que c'est le mieux, pour ces années de TP et de cliniques.

Merci à Claire de m'avoir toujours poussé vers le meilleur.

Merci à Marion et Delphine pour toujours être à mes côtés.

Merci à Manu et Christelle pour être disponibles.

Merci à mes grands-parents et à ma famille pour leur soutien.

Merci à la Bretagne pour mes souvenirs et l'amour de la nature.

Merci à mes parents pour tout. Merci pour votre confiance, vos conseils précieux et pour toujours respecter mes choix. Merci pour toujours pouvoir compter sur vous malgré les difficultés. Merci de m'avoir construit et de me rendre la vie agréable.

Merci à ma sœur pour m'avoir supporté, moi et mes études.

A mon chien, pour avoir été le cobaye de mes révisions.

Aux perroquets, pour leurs discourstranchants.

« Le perroquet ne fait jamais que parler sa langue maternelle.»

(Georg Christoph Lichtenberg)

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| Introduction générale..... | 5 |
| De la communication au langage | 5 |
| La communication | 5 |
| La communication référentielle | 6 |
| La communication référentielle comme élément du langage..... | 7 |
| La catégorisation comme élément du langage ?..... | 8 |
| L'évolution du langage | 9 |
| Choix du modèle..... | 10 |
| Similarités du comportement vocal des oiseaux avec le langage humain et aspects neuroanatomiques du comportement vocal..... | 10 |
| Présentation du modèle biologique | 11 |
| Les capacités cognitives des perroquets gris du Gabon, l'exemple d'Alex | 14 |
| Contexte général de l'étude | 15 |
| Approche expérimentale | 15 |
| Introduction..... | 15 |
| Matériel et méthodes..... | 18 |
| Sujets de l'étude..... | 18 |
| Protocole expérimental | 20 |
| Présentation des différentes méthodes testées | 21 |
| Procédure générale du déroulement des méthodes..... | 27 |
| Les séances d'observation (Obs.)..... | 29 |
| Validation de l'étape de production | 29 |
| L'entraînement | 31 |
| Les tests | 32 |
| Les variables..... | 32 |
| Résultats concernant les méthodes d'apprentissage | 33 |
| Méthode « Modèle/Rival »..... | 33 |
| Méthode « Intuitive » | 33 |
| Méthode « Répétition/Association » | 33 |
| Méthode « Diffusion » | 34 |
| Les étapes de l'apprentissage | 36 |
| La motivation des individus | 37 |

| | |
|--|-----------|
| Discussion concernant les méthodes d'apprentissage | 39 |
| Résultats concernant la catégorisation..... | 45 |
| Discussion concernant la catégorisation..... | 49 |
| <i>Les limites de notre étude, perspectives et conclusion</i> | 51 |
| <i>Bibliographie</i> | 53 |
| <i>Annexe</i> | 61 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1: Voies de la production vocale et de l'audition chez les oiseaux capables d'apprentissage vocal et l'homme..... | 11 |
| Figure 3: Répartition géographique de l'espèce <i>Psittacus erithacus</i> | 12 |
| Figure 4: Des perroquets gris du Gabon pendant l'affouragement au sol. | 13 |
| Figure 5: Des perroquets gris du Gabon pendant l'affouragement dans les arbres. | 13 |
| Figure 6: Alex lors d'une séance de travail..... | 14 |
| Figure 7: a : Shango ; b : Zoé ; c : Léo..... | 18 |
| Figure 8: Représentation schématique de la volière (vue de dessus ; N.Giret)..... | 19 |
| Figure 9: Vue extérieure et intérieure de la volière..... | 19 |
| Figure 10: Méthode « Modèle/Rival » | 21 |
| Figure 11: Méthode « Intuitive » | 22 |
| Figure 12: Méthode « Répétition/Association », phase de « Répétition »..... | 23 |
| Figure 13: Méthode « Répétition/Association», phase de « Association»..... | 24 |
| Figure 14: Méthode « Diffusion »..... | 25 |
| Figure 15: Méthode « Diffusion »..... | 25 |
| Figure 16: Décours temporel des séances avec les différentes méthodes. | 28 |
| Figure 17: Décours temporel des séances d'observations et d'association..... | 31 |
| Figure 18: Variation du nombre d'occurrences des nouveaux mots appris au cours du temps chez Shango. | 37 |
| Figure 19: Nombre d'occurrences des labels produits au cours des séances « Modèle/Rival » pour Shango et Zoé | 38 |
| Figure 20: Spécificité des vocalisations chez Shango..... | 46 |
| Figure 21: Spécificité des vocalisations chez Zoé | 46 |
| Figure 22: Catégorisation aliment/objet des items présentés par Shango..... | 47 |
| Figure 23: Catégorisation alimentaire/objet des items présentés, Zoé..... | 48 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1: Caractéristiques des méthodes | 26 |
| Tableau 2: Récapitulatif des résultats | 35 |

Introduction générale

De la communication au langage

La communication

La communication peut être définie comme la transmission d'un signal entre un émetteur et un récepteur. Dans cette étude, nous allons nous intéresser au cas particulier de la communication animale qui emprunte le canal moteur de la phonation et le canal sensoriel auditif (l'une des modalités possible de la communication). Nous nous focaliserons donc sur les productions vocales émises et leurs significations pour l'émetteur et le récepteur. La probabilité des comportements de ces derniers peut être modifiée par le signal (Maynard Smith & Harper, 2005).

Les informations échangées entre les individus peuvent renseigner ces derniers sur le sexe, l'état émotionnel, motivationnel ou physiologique (maturité sexuelle), sur l'identité de l'individu ou encore sur des informations portant sur l'environnement. Des études en milieu naturel ont mis en évidence la capacité de certaines espèces à renseigner des congénères, voir d'autres espèces sympatriques, sur la présence de nourriture (Evans & Marler, 1994; Evans & Evans, 1999; Bugnyar et al., 2001) ou d'un type de prédateur (Cheney & Seyfarth, 1990; Zuberbühler et al., 1997) ou de la proximité de celui-ci (Blumstein, 1999a; Templeton et al., 2005).

Ces signaux qui permettent de véhiculer des informations sur des éléments et/ou des événements de l'environnement (Evans, 1997; Blumstein, 1999b) sont, par analogie avec la communication humaine, considérés comme fonctionnellement référentiels.

La communication référentielle

Un des exemples les plus connus de communication référentielle rencontrée dans la nature est celui des cris d'alarme des singes vervets (*Chlorocebus aethiops*). Très étudiés par Cheney & Seyfarth (1990), ces singes présentent dans leur répertoire vocal des cris spécifiques selon le type de prédateur rencontré, à savoir les aigles, les léopards et les serpents. En effet, les individus manifestent un comportement adapté quand ils perçoivent la présence d'un prédateur ou le cri d'alarme de leurs congénères. Ces études suggèrent que des animaux pourraient se représenter le danger notamment en fonction de la nature des informations acoustiques qui leur parviennent.

Cette capacité à prévenir ses congénères de la présence et/ou du type de prédateur ou de l'imminence du danger a été retrouvée chez d'autres espèces de singes mais aussi chez d'autres mammifères. Nous pouvons citer l'exemple des chiens de prairie, *Cynomys gunnisoni*, (Slobodchikoff *et al.*, 1991), des suricates, *Suricata suricatta* (Manser, 2001; Manser *et al.*, 2002) ou des marmottes à ventre jaune, *Marmota flaviventris* (Blumstein & Daniel, 2004). De même, chez les oiseaux, d'autres équipes ont mis en évidence des vocalisations référentielles. La poule domestique, *Gallus gallus* (Evans *et al.*, 1993) ou encore les grands corbeaux, *Corvus corax*, vocalisent différemment suivant le type de nourriture (Bugnyar *et al.*, 2001).

La communication référentielle peut aussi ne pas être vocale et passer par la gestuelle. Elle peut surtout être arbitraire, non naturelle et imposée à l'individu. Ainsi, plusieurs primatologues ont enseigné des systèmes arbitraires de symboles à des singes anthropoïdes : Washoe, un chimpanzé femelle, a appris avec les Gardner le langage des signes américain (Vauclair, 1995). Ainsi, après plusieurs années d'entraînement, Washoe connaissait près de cent cinquante signes qu'elle utilisait dans des contextes précis comme pour demander de la nourriture, demander à sortir se promener, *etc.* Kanzi et d'autres chimpanzés pygmées, ont quant à eux appris à utiliser des lexigrammes avec les Rumbaugh & Savage-Rumbaugh (Savage-Rumbaugh & Lewin, 1994). Suivant le principe des caractères de l'alphabet chinois, les lexigrammes sont des symboles qui renvoient à des objets, des actions, des verbes, des lieux, des personnes, des adjectifs, *etc.* Les animaux ont été capables d'employer ces signes seuls ou en de courtes combinaisons pour demander des objets ou pour indiquer leurs actions futures ou leurs envies. Sarah, un chimpanzé femelle a appris à utiliser des objets pour symboliser des actions, faire des comparaisons (utilisation de quantitatifs) et des propositions conditionnelles (Premack & Premack, 2003). D'autres équipes ont travaillé avec des gorilles et des orangs-outans avec des résultats

comparables (Byrne, 1995). L'objectif premier était de pouvoir établir un moyen de communiquer entre individus hétérospecifics, à savoir entre les hommes et les singes. Puis dans un second temps, les scientifiques ont cherché à savoir si le système de communication qu'ils avaient imposé à leurs sujets d'études pouvait être utilisé entre eux et surtout s'il serait transmis entre les générations. Des résultats positifs ont déjà été obtenus notamment avec le langage des signes (Washoe a « enseigné » à son fils adoptif Loulis à placer correctement ces mains pour former des signes ; Fouts, 2007) et d'autres sont toujours en attente, les expériences se déroulant dans le long terme.

Il semble ainsi que les singes anthropoïdes puissent comprendre et produire des formes de communication symbolique. Ils peuvent s'approprier ces systèmes arbitraires et les transmettre à leurs descendants.

La communication référentielle comme élément du langage

Le langage humain est complexe et présente de multiples composantes comme la grammaire, la syntaxe, la sémantique mais aussi l'«arbitrarité», composante déjà citée par Saussure au début du 20^{ème} siècle et reprise entre autres par Vauclair (1995). Cette dernière caractéristique fait que l'on associe un signifiant, c'est-à-dire des sons particuliers (des phonèmes puis des mots) à un signifié, c'est-à-dire un item particulier.

La communication référentielle est donc un élément clef du langage et c'est également un élément que l'on retrouve dans les systèmes de communication de différentes espèces comme nous l'avons vu précédemment. Il est intéressant de s'interroger sur les éléments prémisses du langage que l'on peut rencontrer au sein d'espèces diverses et variées telles que les primates non-humains ou les oiseaux, espèces qui sont plus ou moins éloignées de l'homme d'un point de vue phylogénétique.

La catégorisation comme élément du langage ?

La catégorisation est une conduite adaptative fondamentale. Elle consiste à regrouper des éléments en fonction de caractéristiques communes. Ces dernières peuvent être perceptives (similarité de couleur par exemple), fonctionnelles (même fonction) ou conceptuelles (idées abstraites, concepts, *etc.*). La catégorisation permet de réduire la complexité et la diversité de l'environnement physique et social d'un individu (Vauclair, 2004). Cette capacité à généraliser permet de diminuer le répertoire comportemental nécessaire pour répondre à la diversité apparente des stimuli.

Au cours du développement du bébé puis du jeune enfant, les mécanismes cognitifs du traitement de l'information se complexifient et aboutissent à divers degrés de catégorisation. Le degré considéré comme ultime, correspondant à la catégorisation conceptuelle, ne pourrait être atteint qu'avec l'utilisation fonctionnelle du langage, qui a lieu à l'adolescence, selon Vygotsky (Vygotsky, 1985). Chez les animaux, cette capacité à catégoriser a également été mise en évidence, que ce soit concernant la catégorisation perceptive comme chez les abeilles par exemple (Stach & Giurfa, 2001) ou la catégorisation fonctionnelle comme chez les babouins entre autres (Bovet & Vauclair, 1998).

Dans le cas des primates non-humains, une étude a montré que des chimpanzés (*Pan troglodytes*) sont capables de classer des items selon plusieurs critères. Ainsi, ils peuvent grouper les items en fonction d'une caractéristique (la couleur par exemple) puis ensuite classer ces mêmes items selon une autre caractéristique (la forme par exemple). Au contraire, les expériences menées sur des singes non anthropoïdes comme les macaques rhésus (*Macaca mulatta*) ou les capucins (*Cebus apella*) ont montré que ces derniers, quand ils groupaient les objets, faisaient toujours un groupement de premier ordre (selon une caractéristique seulement). Chez ces différentes espèces la répartition spontanée d'items en pareils/différents n'a pas lieu de la même façon : très rare chez les singes non anthropoïdes et toujours de premier ordre, elle est fréquente chez les chimpanzés qui présente des mécanismes de catégorisation plus abstrait compte tenu du fait qu'ils peuvent effectuer une classification de second ordre (Spinozzi, 1996).

Concernant les oiseaux, Alex, le perroquet de Pepperberg, a montré qu'il était capable de catégoriser des items en fonction de leurs couleurs, de leurs formes, de leurs textures, *etc.* Il

réalisait donc des classifications d'ordres supérieurs car pour un même duo d'items présentés, il pouvait dire l'ensemble des caractères communs et/ou différents (Pepperberg, 1999) parmi ceux qu'il connaissait (couleur, forme, *etc.*). Dans ce dernier exemple, il faut préciser que la classification se fait par des mots. L'hypothèse que les animaux entraînés avec des systèmes de communication référentielle auraient de meilleurs résultats lors des tâches de catégorisation est probable car même s'il est certain que le langage n'est pas responsable de l'apparition d'une telle capacité cognitive au sein des différentes espèces réparties sur l'arbre phylogénétique (Tomasello & Call, 1997), il semble faciliter les capacités à catégoriser au moins en ce qui concerne les humains.

L'évolution du langage

Le langage humain constitue l'objet d'études de multiples disciplines (philosophie, épistémologie, neurobiologie, imagerie médicale ou encore biologie moléculaire) et après une longue période de débats, l'hypothèse d'une évolution possible du langage sous la pression de la sélection naturelle a été avancée (Pinker & Bloom, 1990). Cette hypothèse semble se confirmer par la découverte d'un gène (« FoxP2 ») intervenant à la fois dans le langage et dans la capacité à articuler chez l'homme (Lai *et al.*, 2001). Il a été la cible de mutations sélectionnées récentes chez les primates, mutations qui se seraient fixées il y a environ 200 000 ans (Enard *et al.*, 2002), notamment au sein du genre *Homo*, nos ancêtres. Il a de plus été retrouvé chez des oiseaux chanteurs (Haesler *et al.*, 2004). Il est intéressant de voir que des animaux très éloignés au niveau de la phylogénie partagent des gènes en commun, gènes qui interviennent dans des capacités cognitives évoluées que l'on peut considérer comme analogues.

Choix du modèle

Similarités du comportement vocal des oiseaux avec le langage humain et aspects neuroanatomiques du comportement vocal.

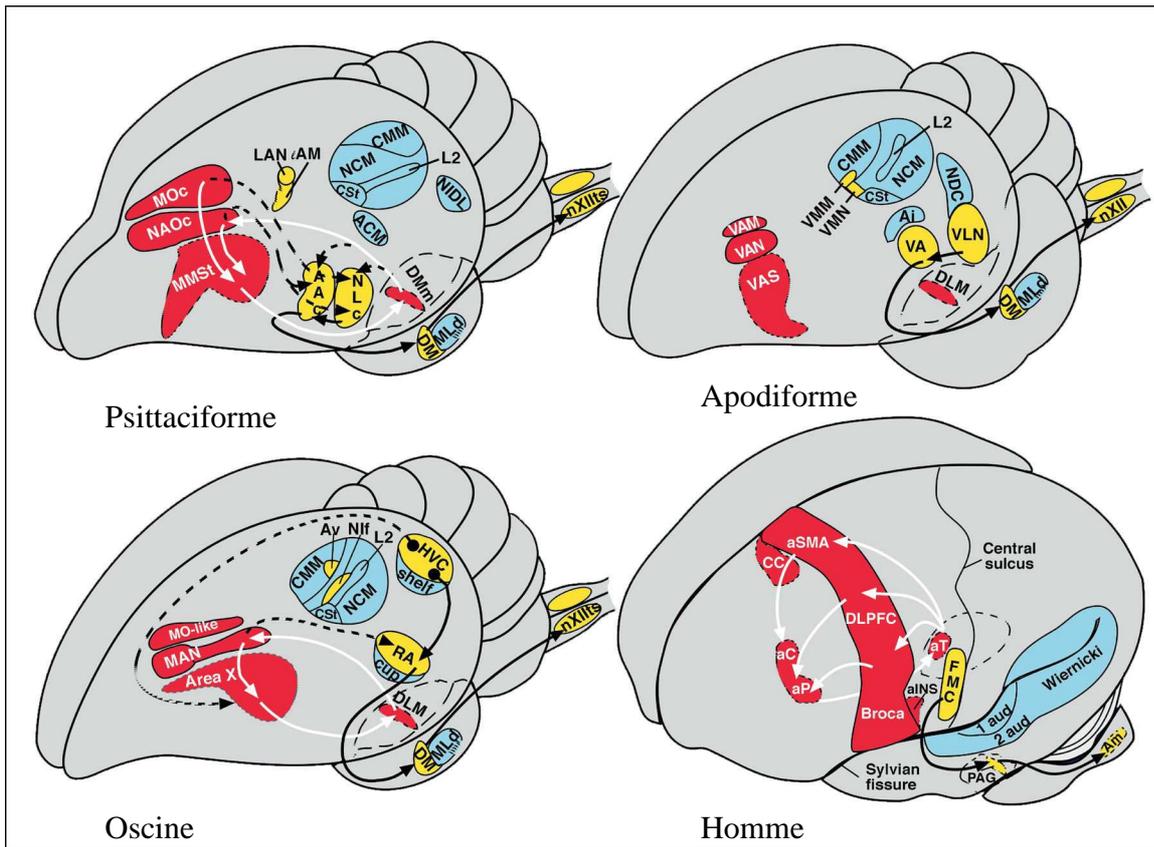
Les perroquets ne sont pas des oiseaux chanteurs mais mâles et femelles des différentes espèces vocalisent toute l'année. De plus, ils sont capables d'une grande plasticité et d'imitation vocale, qu'il s'agisse de sons de l'environnement ou de vocalisations d'autres espèces (Cruickshank *et al.*, 1993; Gautier *et al.*, 1993). Les perroquets peuvent apprendre tout au long de leur vie. Ils présentent comme les humains des phases de babillage au cours desquelles sont produites de nombreuses vocalisations (Bradbury, 2003) et des périodes critiques pendant lesquelles des stimulations précises doivent se produire afin de permettre un développement complet de certaines structures neuroanatomiques (Jarvis, 2004a). Un phénomène d'analogie a été avancé en ce qui concerne les structures nerveuses centrales intervenant dans la communication vocale et ainsi, bien que le cerveau des oiseaux et celui des humains soient très différents (Emery & Clayton, 2004a), il semblerait que des éléments fonctionnels similaires soient présents chez les perroquets, les oiseaux chanteurs (oscines), les colibris (ou apodiformes, capables aussi d'apprentissages vocaux) et l'homme (Figure 1).

Les espèces d'oiseaux capables d'apprentissages vocaux partagent en effet sept structures similaires : quatre noyaux postérieurs et trois noyaux antérieurs (Jarvis, 2007; Jarvis, 2004b). Ces structures portent des noms différents, lié au fait que leur évolution était supposée être indépendante (Striedter, 1994). Les différents noyaux interviennent dans la fonction motrice (muscle de syrinx et de la langue) et dans le traitement de l'information acoustique. Une boucle de régulation similaire à celle observée chez l'homme (boucle cortico-thalamo-ganglion de la base-corticale) est présente chez ces espèces permettant une régulation entre ce qui est entendu et ce qui est produit. Chez les perroquets, même si la syrinx joue un rôle prépondérant pour la production des sons, il apparaît aussi que les mouvements de la langue permettent des modulations de fréquence et d'amplitude des sons émis (Beckers *et al.*, 2004; Warren *et al.*, 1996). Les voies auditives sont quant à elles relativement similaires entre espèces capables ou non d'apprentissage vocal (Jarvis, 2007).

Figure 1: Voies de la production vocale et de l'audition chez les oiseaux capables d'apprentissage vocal et l'homme.

En rouge et jaune sont représentées les structures de la production motrice dans la partie antérieure et dans la partie postérieure du télencéphale, respectivement. En bleu sont représentées les structures impliquées dans l'écoute lors de l'apprentissage vocal. Adapté de Jarvis, 2004b.

Annexe : Liste des abréviations des structures cérébrales



Présentation du modèle biologique

Les animaux qui nous intéressent ici appartiennent à l'ordre des psittaciformes. Cet ordre regroupe les perroquets et les perruches. Nos perroquets appartiennent à la famille des *psittacidae*, à la sous-famille des *psittacinae* et au genre *Psittacus*.

Figure 2 : Perroquet gris du Gabon (*Psittacus erithacus*)



Nos perroquets de l'espèce *Psittacus erithacus* (Linné 1758) sont des animaux arboricoles que l'on rencontre dans la nature dans une aire de répartition de trois millions de km² qui s'étend largement en Afrique Centrale et de l'Ouest et marginalement en Afrique de l'Est.

La forêt humide de basse altitude est l'habitat préféré de cette espèce mais on la retrouve jusqu'à 2200m d'altitude dans l'Est de son aire. Les oiseaux sont communément observés à l'orée des forêts, dans les clairières, les forêts galeries, les mangroves, la savane boisée, les zones cultivées, et même les jardins. Le commerce et la déforestation sont responsables du déclin de la population. La modification de leur habitat réduit le nombre de site de nidification mais assure toujours l'approvisionnement en fruits.

Figure 3 : Répartition géographique de l'espèce *Psittacus erithacus*

(www.cites.org)



Les perroquets gris du Gabon ont une longévité pouvant aller jusqu'à 40 à 60 ans (observé chez des individus vivants en captivité). Leur maturité sexuelle intervient vers l'âge de 4-5 ans. Ces oiseaux vivent en société complexe de fission/fusion (composée de couples monogames) ce qui signifie que l'organisation de leur groupe social varie en fonction des activités réalisées. Ainsi, ils se retrouvent en groupes de plusieurs centaines à plusieurs milliers d'individus pour fourrager au sol, probablement en réponse à leur plus grande vulnérabilité face aux prédateurs dans cette situation.

Figure 4 : Des perroquets gris du Gabon pendant l'affouragement au sol.



Au contraire, lorsqu'ils s'alimentent dans les arbres, ils se dispersent en plus petits groupes probablement en réponse à une possible compétition alimentaire (Bradbury, 2003).

Figure 5 : Des perroquets gris du Gabon pendant l'affouragement dans les arbres.



Ces oiseaux sont très prisés pour leur capacité d'imitation vocale, ce qui se traduit par un engouement international de particuliers pour ces perroquets. Bien qu'ils aient été considérés longtemps comme moins intelligents que les mammifères, en particulier les primates, il s'avère que de nombreuses espèces d'oiseaux, notamment la famille des corvidés (corbeau, corneille, geai, pie, *etc.*) et des psittacidés possèdent des capacités cognitives développées, similaires à celles mises en évidence chez des primates y compris l'homme. (Emery & Clayton, 2004b; Pepperberg, 2006a; Raby *et al.*, 2007).

Les capacités cognitives des perroquets gris du Gabon, l'exemple d'Alex

L'équipe d'Irene Pepperberg a réalisé presque l'ensemble des études menées sur des perroquets gris du Gabon en laboratoire. Le célèbre perroquet Alex (pour « Avian Learning EXperiment »), mort en Septembre 2007, laisse derrière lui une série de résultats qui ont effacé les préjugés qui existaient jusqu'à présent, à savoir que les perroquets seraient de simples imitateurs. Cet animal a su démontrer des capacités cognitives complexes. Alex savait imiter et utiliser de manière référentielle de nombreux mots humains (Pepperberg, 1999). Il savait nommer plus d'une centaine d'objets et en donner différentes caractéristiques suivant la question qui lui était posée (Pepperberg, 1990). Il savait nommer les points communs ou les différences entre les objets (forme, couleur, texture, *etc.*), avait le concept d'absence, savait compter jusqu'à six et pouvait comparer des objets (« plus grand que » ; Pepperberg, 1999). Il était capable de déterminer la quantité d'un type d'item parmi un ensemble hétérogène variant selon deux paramètres : il pouvait ainsi indiquer le nombre de cubes bleus dans un ensemble constitué de cubes et de sphères rouges et bleus (Pepperberg, 1994a; Pepperberg & Gordon, 2005; Pepperberg, 2006a; Pepperberg, 2006b).

Figure 6 : Alex lors d'une séance de travail.



Alex était donc capable de décrire des éléments et des événements de son environnement en employant un système arbitraire de communication, à savoir des mots et donc de communiquer de façon fonctionnellement référentielle (Pepperberg, 1999; Pepperberg, 2001; Pepperberg, 2006a). Ce perroquet possédait également la notion de permanence de l'objet (Pepperberg & Funk, 1990). Un des sujets de Pepperberg, Griffin, a même été capable de suivre des déplacements invisibles d'un objet, c'est-à-dire quand un objet est déplacé derrière des écrans en étant lui-même placé dans une boîte et donc rendu invisible. Le sujet voit que l'on place l'objet

dans la boîte puis doit suivre le déplacement de celle-ci derrière des écrans (Pepperberg *et al.*, 1997). Ces différentes études ont amené à s'interroger sur les capacités cognitives des perroquets. Ces derniers présentent, en comparaison avec les singes anthropoïdes, une divergence nette en termes d'architecture de leur cerveau. Néanmoins, ce sont des capacités cognitives convergentes que l'on peut observer chez ces deux groupes très éloignés du point de vue de la phylogénie (Emery & Clayton, 2004a; Emery & Clayton, 2004b).

Contexte général de l'étude

Ce travail est intégré dans un projet de recherche européen intitulé « Origins of referential Communication » » (les origines de la communication référentielle) lié à la thématique « what does it mean to be human ? » du 6ème PCRD NestPathfinder de la Commission Européenne. Ce projet a regroupé plusieurs laboratoires qui ont travaillé sur des espèces diverses comme le chien, le dauphin, différentes espèces de singes, le perroquet gris du Gabon ou encore des enfants humains. C'est donc dans ce cadre que notre étude s'est déroulée sur les oiseaux présents au sein du laboratoire d'Ethologie et de Cognition Comparées de l'Université Paris 10 de Nanterre.

Approche expérimentale

Introduction

Ce n'est que récemment que la possibilité d'une évolution du langage par sélection naturelle a été envisagée (Pinker & Bloom, 1990) et donc il n'est dorénavant plus perçu comme une exclusivité humaine. Afin de déterminer quels aspects du langage humain apparaissent comme uniques (Fitch, 2005), des études ont abordé deux aspects distincts, d'une part la production et d'autre part la compréhension d'un système arbitraire de communication symbolique. Les approches de ces thématiques, effectuées dans un premier temps sur des singes anthropoïdes, ont dû être adaptées compte tenu de l'impossibilité anatomique de ces espèces à produire un langage articulé (configuration du larynx). C'est ainsi que des chimpanzés communs et pygmées ont appris à se servir du langage des signes, de lexigrammes ou encore de petits objets (Vauclair, 1995; Savage-Rumbaugh & Lewin, 1994; Premack & Premack, 2003) pour décrire des éléments et des événements de leur environnement.

D'autres études en laboratoire ont mis en évidence chez plusieurs espèces la capacité de comprendre le langage humain, comme par exemple le chien (Bloom, 2004; Kaminski *et al.*, 2004; Markman & Abelev, 2004) ou encore le dauphin (Vauclair, 1995).

Les dauphins, de même que des baleines et des phoques (Richards *et al.*, 1984), des éléphants (Poole *et al.*, 2005) et des chauves-souris (Boughman, 1998) font partie des rares mammifères capables de plasticité vocal avec des capacités d'apprentissage. Cependant, les sons émis sont proches du répertoire vocal de l'animal. De nombreuses espèces d'oiseaux ont des capacités d'imitation et d'apprentissage vocal (Kroodsma & Miller, 1996), et sont, de ce point de vu, plus proche de l'homme et de ces capacités d'apprentissage d'un langage (Fitch & Kelley, 2000) que ne le sont les primates non-humains.

Chez les perroquets, nous avons déjà cité les travaux de Pepperberg qui a appris à Alex à décrire des items en employant des mots humains (Pepperberg, 1990; Pepperberg, 1999). Pour réussir cet apprentissage, elle a adapté et employé une méthode mise au point par Todt (cité par Pepperberg, 1999) : la méthode « Modèle/Rival ». Le perroquet assiste à des interactions entre deux expérimentateurs qui s'interrogent sur le nom d'un item en particulier. A la différence de Todt, Pepperberg récompense l'oiseau par l'item en question et les rôles des expérimentateurs sont inversés à plusieurs reprises au cours des séances. D'autres expérimentations ont été conduites pour déterminer les éléments importants de la méthode. Par exemple, Pepperberg a exposé deux perroquets gris du Gabon, Alo et Kyaaro, à des enregistrements sonores et vidéos et à des enregistrements uniquement sonores de séances de « Modèle/Rival » préalablement réalisées avec Alex (Pepperberg, 1994b). Dans ces situations aucun des deux oiseaux n'a été capable d'employer de façon référentielle les mots diffusés. Elle montre ainsi l'importance des interactions dans l'apprentissage. De même, le caractère fonctionnel de l'item doit pouvoir être perçu par l'animal (Pepperberg & McLaughlin, 1996). D'autres expérimentations ont souligné le fait que l'incapacité à apprendre à partir de vidéos n'était pas lié à l'absence de présentation de la récompense (Pepperberg *et al.*, 1998) et que la présence d'un « modèle » réel est essentielle pour l'acquisition de labels référentiels (Pepperberg *et al.*, 1999). Une autre étude, a mis en évidence l'importance de montrer les erreurs au sujet (le « modèle » se trompe et n'obtient pas l'item) mais aussi que l'alternance des rôles (entre les expérimentateurs) et donc le nombre d'expérimentateurs (deux) facilite l'apprentissage référentiel (Pepperberg *et al.*, 2000).

Dans le cas des chimpanzés pygmées entraînés à utiliser un système de communication arbitraire (Savage-Rumbaugh & Lewin, 1994), un autre type de méthode était utilisé. Il s'agit d'éléments que l'on retrouve dans les techniques employées pour permettre l'acquisition du langage humain chez les enfants. C'est au cours des activités quotidiennes que l'adulte (ou l'expérimentateur dans le cas des singes) produit le nom de l'item et le répète plusieurs fois. Ainsi les caractères référentiel et fonctionnel du symbole (ou du mot) sont présents au cours des interactions.

Notre étude a pour but d'évaluer différentes méthodes pour apprendre à des perroquets à utiliser des mots de manière référentielle. Le principe des méthodes testées repose sur la théorie behavioriste selon laquelle le langage serait issu de processus de conditionnement. Le caractère créatif du langage n'est pas pris en compte dans cette théorie. Ainsi, lorsqu'un enfant prononce un son qui ressemble à un mot du langage des adultes, ces derniers le renforcent en répétant ce mot, bien souvent en changeant de ton (plus d'excitation et donc plus de modulations dans la voix), en offrant en récompense l'item correspondant, en y associant des sourires, des félicitations, *etc.* (Vauclair, 2004).

Toutes les méthodes testées introduisent des dénominations et des concepts et doivent former à la prononciation. Le choix des méthodes a été effectué à partir des travaux déjà réalisés sur cette thématique. Ainsi, nous avons testé la méthode « Modèle/Rival » de Pepperberg qui a eu des résultats positifs avec Alex et ses autres perroquets (Pepperberg, 1999). D'autre part, nous avons décidé d'employer une méthode appelée « Intuitive » qui correspond à la version contrôlée de nos interactions quotidiennes. Nous avons également cherché à valoriser la capacité des perroquets à imiter spontanément des mots au cours des méthodes « Répétition/Association » et « Diffusion ». Nous avons fait varier la nature et l'intensité des interactions ainsi que certaines caractéristiques de celles-ci (référentiel, fonctionnel, *etc.*) comme l'avaient fait Pepperberg et McLaughlin (1996) au cours d'une étude où elles ont comparé eux aussi diverses méthodes d'apprentissage. Nous avons également tenté d'étudier l'éventuelle influence de l'intonation sur l'apprentissage (avec la méthode « Diffusion » notamment). Chez l'homme, la musicalité des interactions parents/bébé jouerait en effet un rôle important dans l'acquisition de mots par le bébé (Gratier, 2007). Ainsi la production de mots de façon « mélodieuse » et variée pourrait en faciliter l'apprentissage.

Nous nous sommes également intéressés au phénomène d'imitation vocale entre les individus lorsque l'un d'eux émet un nouveau type de vocalisation. C'est pour cela que pour trois des méthodes évaluées, les mots choisis sont différents pour chaque individu. Ainsi on peut se rendre compte de la vitesse de diffusion d'un type de vocalisation au sein d'un groupe de perroquets même réduit. D'autre part nous avons souhaité voir si la nature de l'item (objet ou aliment) pouvait influencer sur l'apprentissage.

Matériel et méthodes

Sujets de l'étude

Les sujets sont deux perroquets gris du Gabon : un mâle de 2 ans, Shango, et une femelle de 4 ans, Zoé. Ils vivent avec un troisième perroquet, mâle de 4 ans, Léo. Tous sont nés en captivité et ont été élevés à la main. Ils sont arrivés au laboratoire alors qu'ils étaient âgés de trois mois.

Figure 7 : a : Shango ; b : Zoé ; c : Léo



Les oiseaux sont élevés dans une volière de 3,4 x 3,3 x 3 m équipée de deux structures de perchoirs en bois de 70 x 103 x 200 cm et de perchoirs fixés au grillage de la volière. Dans la partie intérieure de la volière, deux tables (120 x 60 x 75 cm) et un perchoir en T (158 x 100 cm) sont présents. Le grillage de la volière sépare une seconde partie de la volière de 170 x 340 x 300 cm.

Figure 8 : Représentation schématique de la volière (vue de dessus ; N.Giret)

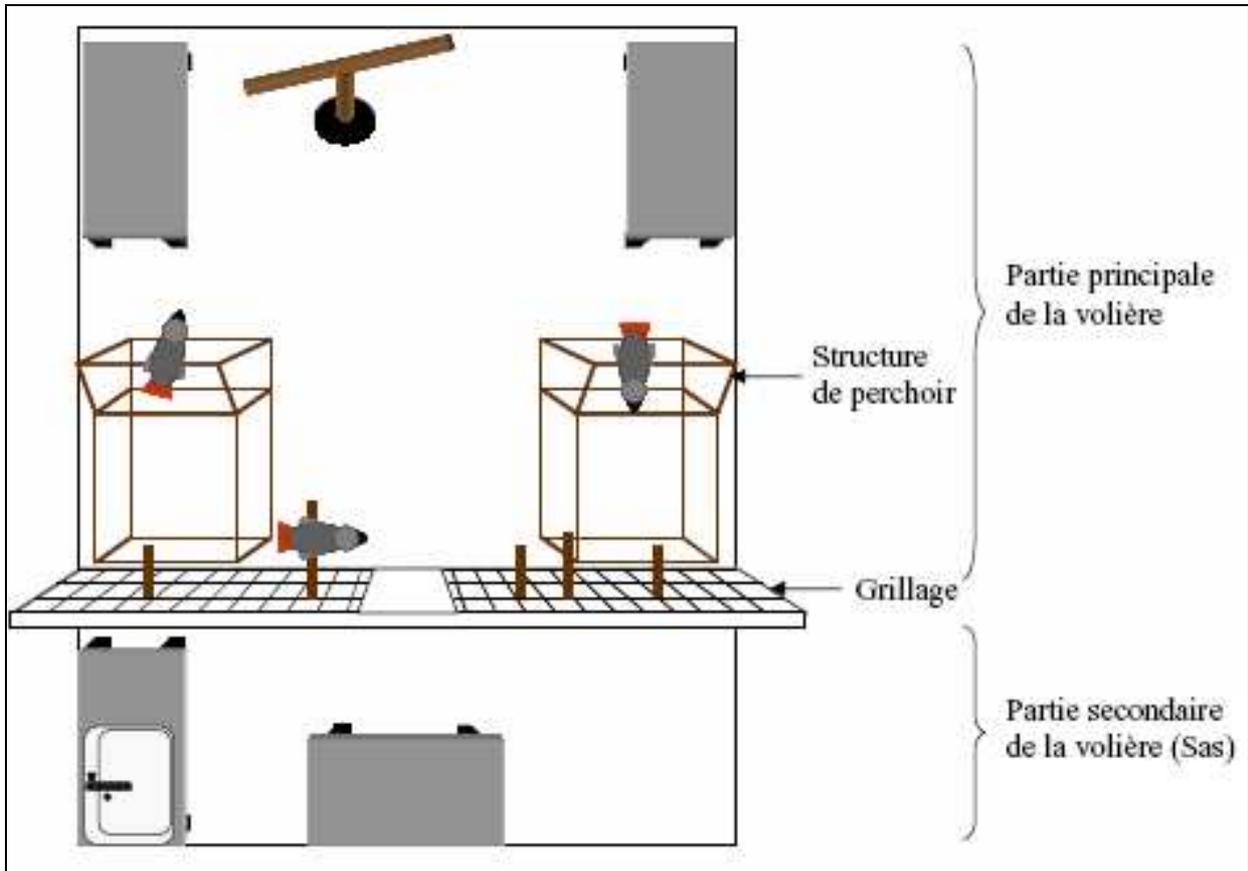


Figure 9 : Vue extérieure et intérieure de la volière



Les perroquets passent aussi une grande partie de leurs journées dans le bureau des chercheurs en liberté ou dans leurs cages. Le transport dans le laboratoire se fait soit dans une de leurs cages pour perroquet (50 x 85 x 115 cm), soit dans une boîte de transport (45 x 31 x 30 cm) soit sur un perchoir ou sur l'épaule de l'expérimentateur. Les oiseaux sont maintenus sous une photopériode de 12h de jour et 12h de nuit. Ils sont nourris *ad libitum* avec des croquettes pour perroquet (Nutribird P15 et Harrisson) et reçoivent quotidiennement des fruits et légumes frais ainsi que de la pâtée d'élevage (Nutribird A21). Des compléments vitaminiques et minéraux sont régulièrement apportés à la ration.

Un enrichissement physique (jouets) leur est proposé de façon continue et est renouvelé régulièrement de même qu'un enrichissement pour l'affouragement. Par exemple, la nourriture est placée dans des bouteilles percées ou éparpillées dans des bacs contenant de nombreux éléments encombrants. Tout ceci oblige les animaux à faire des efforts pour chaque prise d'aliment. De même les fruits et légumes sont apportés sous forme de morceaux grossiers nécessitant de la part de l'animal une prise de l'aliment avec la patte et un travail du bec pour décortiquer et éplucher.

Les perroquets peuvent entendre les voix du personnel et les vocalisations des canaris (*Serinus canaria*) hébergés dans le laboratoire du fait de l'absence d'isolation acoustique de la salle.

Protocole expérimental

Quatre expérimentateurs familiers des perroquets ont conduit l'expérience. Les paradigmes testés sont : la méthode « Modèle/Rival », la méthode « Intuitive », la méthode « Répétition/Association » et la méthode « Diffusion ».

Présentation des différentes méthodes testées

Méthode « Modèle/Rival »

Les expérimentateurs jouent le rôle de « l'enseignant » et de « l'élève » ou « Modèle/Rival ». « L'enseignant » interroge le « Modèle/Rival » sur le nom (« qu'est-ce que c'est ? ») d'un item spécifique. Leurs rôles respectifs sont intervertis régulièrement. Une prononciation correcte est récompensée par des félicitations et par l'item lui-même, ce qui permet de démontrer les valeurs fonctionnelle et référentielle des mots (Tableau 1). Le sujet humain répondant aux questions représente un « modèle » pour le sujet. Le « modèle » reçoit une récompense (l'item) à la suite de la réalisation d'un comportement particulier : la production d'une vocalisation spécifique (le nom de l'item). Le perroquet est sollicité par « l'enseignant » et peut aussi se manifester spontanément. Le « modèle » est aussi « rival » compte tenu du fait qu'il cherche à obtenir l'objet convoité et qu'il attire l'attention de la personne qui l'interroge. L'animal observe également les possibilités de corrections de la prononciation du nom de l'item grâce aux erreurs intentionnelles du sujet humain questionné (qui dans ce cas ne reçoit pas l'item). Un contact visuel est constamment réalisé avec l'interrogé et/ou l'item en question. Les personnes qui interrogent s'orientent de façon à faire face à leur « élève » comme il est possible de l'observer sur la figure 10.

Figure 10 : Méthode « Modèle/Rival »



Méthode « Intuitive »

Le principe de notre méthode consiste à désigner par leurs noms les items avec lesquels l'expérimentateur et le perroquet interagissent. Pendant une leçon, pour chaque item, plusieurs séquences alternent : les phases où l'animal regarde l'expérimentateur interagir avec l'item et celles dans la situation inverse où l'expérimentateur regarde l'oiseau interagir. Le nom de l'item est prononcé seul ou intégré dans de courtes phrases (dans ce cas le nom de l'item termine la phrase). Par exemple: «un petit X», «tu manges un X», « tu veux un X », *etc.* où X correspond au nom de l'item. Cette méthode permet une approche référentielle des mots comme lors de la méthode « Modèle/Rival » avec un caractère fonctionnel plus marqué, étant donné que l'animal interagit avec l'objet à plusieurs reprises (Tableau 1). Cependant, les interactions y sont moins riches du fait qu'il n'y a qu'un seul individu humain impliqué dans le déroulement de la séance. Les interactions comprennent des contacts visuels, des vocalisations vocale, des démonstrations de l'utilisation possible de l'item (par exemple : jouer avec les soldats en plastique ou décortiquer des graines de citrouilles ou encore émietter des biscottes) et des moments où l'expérimentateur donne ou reprend l'item à l'animal.

Figure 11 : Méthode « Intuitive »



Méthode « Répétition/Association »

Cette méthode comporte deux parties distinctes, séparées dans le temps. Durant la première partie, l'expérimentateur répète au perroquet différents mots sélectionnés, sans que ce dernier ne voie l'item correspondant au mot. La personne prononce les mots en s'assurant que le perroquet lui prête attention (contact visuel direct, changements de rythme et d'intonation, déplacements dans la volière). Contrairement aux méthodes développées précédemment, les aspects référentiel et fonctionnel des mots sont ici totalement absents (l'oiseau n'étant jamais confronté à l'item). Quant aux interactions, elles sont réduites et ne comprennent que des contacts visuels et une production orale de la part de l'expérimentateur (Tableau 1).

Figure 12 : Méthode « Répétition/Association », phase de « Répétition »



La seconde partie débute une fois que le perroquet a appris et imite le mot. L'animal reçoit l'item à chaque fois qu'il produit le mot-label. Il s'agit de la phase d'« Association » au cours de laquelle l'animal doit associer l'item au mot-label correspondant. Dans cette partie, les caractères référentiel et fonctionnel des interactions sont rétablis. De plus, les interactions y sont plus nombreuses (on félicite l'oiseau, on donne l'item en répétant le nom de ce dernier).

Figure 13 : Méthode « Répétition/Association», phase de « Association»



Méthode « Diffusion »

Cette méthode comporte également deux parties distinctes séparées dans le temps comme dans la méthode détaillée juste avant. Des mots prononcés par un expérimentateur familier des perroquets (Dalila Bovet), avec ou sans intonation, ont été enregistrés sous forme de fichiers audio au format *.wav. La première partie de la méthode consiste à diffuser cet enregistrement à l'aide d'un lecteur mp3 Archos XS10D et d'enceintes Sony SRS-A202 au moment où l'on quitte les perroquets le soir. Les oiseaux sont donc ensemble dans la volière en l'absence de toute présence humaine. Dans cette méthode les interactions interspécifiques sont absentes, de même que les caractères référentiel et fonctionnel des mots diffusés (Tableau 1).

Figure 14 : Méthode « Diffusion »



La seconde partie est identique à celle employée dans la méthode précédente à savoir la méthode « Répétition/Association ».

Figure 15 : Méthode « Diffusion »



Les différentes méthodes testées n'ont pas toutes les mêmes caractéristiques du point de vu de certains facteurs intervenants dans les mécanismes d'apprentissage (Tableau 1). En effet, des éléments diffèrent en nature et en intensité entre les méthodes comme par exemple le caractère fonctionnel de l'interaction ou encore la nature de l'interaction. Lors d'une étude Pepperberg et McLaughlin ont montré l'influence de certains de ces paramètres sur l'apprentissage des perroquets gris du Gabon (Pepperberg & McLaughlin, 1996).

Tableau 1 : Caractéristiques des méthodes

+ : présence du caractère (+ : faible ; ++ : modéré ; +++ : élevé)

- : absence du caractère

| Composantes | Méthodes | | | | |
|---------------|--------------|-----------|-------------------------------|------------------|-----------------|
| | Modèle/Rival | Intuitive | Première partie* | | Seconde partie* |
| | | | Répétition/Association (1) | Diffusion (2) | (1)et(2) |
| Référentielle | ++ | ++ | - | - | ++ |
| Fonctionnelle | ++ | +++ | - | - | +++ |
| Interactions | +++ | ++ | + | - | ++ |

-Il y a d'autant plus de caractère fonctionnel que le temps passé par l'animal à interagir avec l'objet est important. Par exemple, le perroquet reçoit plus souvent l'item dans la méthode « Intuitive » que dans la méthode « Modèle/Rival » compte tenu du fait que dans cette dernière méthode l'item n'est donné qu'en cas de bonne réponse (Tableau 1).

-Plus il y a d'intervenants ou que les interactions sont multiples en nature, plus nous avons considéré que les interactions hétérosécifiques étaient nombreuses. Par exemple, dans la méthode « Modèle/Rival » il y a deux expérimentateurs qui interagissent avec le perroquet, il n'y en a qu'un dans les méthodes Intuitive et « Répétition/Association » et aucun dans la méthode « Diffusion » (Tableau 1). Dans la méthode « Répétition/Association » l'humain ne fait que parler alors que dans la méthode « Intuitive », il manipule en plus l'item qu'il donne à l'oiseau (Tableau 1).

-Concernant le caractère référentiel de l'interaction, il n'y a que deux modalités à savoir absence ou présence de l'item (Tableau 1).

* : Pour les méthodes « Répétition/Association » et « Diffusion », on distingue les deux parties de chacune des méthodes (Tableau 1). La seconde phase, l'association est assez similaire, du point de vue de ses caractéristiques, de ce qui se passe dans la méthode « Intuitive ».

Procédure générale du déroulement des méthodes

Le protocole se découpe en deux étapes principales : l'étape de production durant laquelle l'animal va apprendre et produire le mot sélectionné et l'étape d'association où il s'agit d'associer au mot un item.

Etape de Production

Pour les méthodes « Modèle/Rival », « Intuitive » et « Répétition/Association »

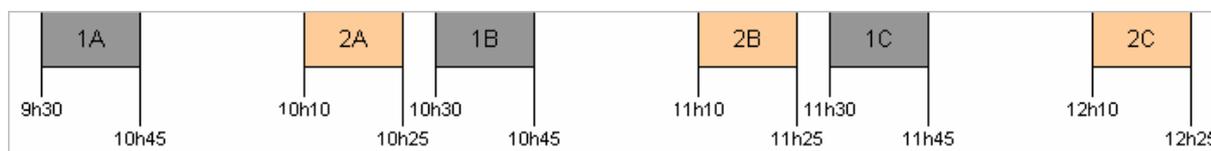
18 nouveaux mots ont été sélectionnés : trois par méthode, différents pour chaque animal afin de pouvoir détecter une éventuelle transmission des mots entre eux. Les mots correspondent à des items (deux correspondant à des aliments, un à un objet), tous supposés attractifs pour les perroquets. Un mot, une fois appris, est ôté de la phase de production et remplacé par un nouveau mot de la même catégorie (aliment/objet).

Les trois méthodes sont abordées séparément au cours de séances de 15 minutes chacune (5 minutes par mot), réparties dans la matinée. Les séances sont espacées d'une heure pour chaque sujet et leur ordre varie chaque jour. De même, nous alternons l'ordre de passage des animaux d'un jour sur l'autre (figure 16). Les séances ont lieu les quatre premiers jours de la semaine. Au cours de chaque séance, les mots à apprendre sont prononcés un même nombre de fois, à savoir 80, avec des possibilités de légères variations d'un jour à l'autre, corrigées sur l'ensemble des sessions.

Ces méthodes ont été testées durant six mois, ce qui représente 75 séances.

Figure 16 : Décours temporel des séances avec les différentes méthodes.

1 : perroquet testé en premier ; 2 : perroquet testé en second ; A : première méthode d'apprentissage ; B : seconde méthode d'apprentissage ; C : troisième méthode d'apprentissage. L'ordre des perroquets et des méthodes est modifié chaque jour.



Pour la méthode « Diffusion »

Six mots ont été sélectionnés. Trois des mots sont prononcés avec des intonations variées et les trois autres sont prononcés avec une intonation neutre. Chaque mot est répété cinq fois de suite à dix secondes d'intervalle, l'ensemble des mots étant répété six fois avec des pauses silencieuses de cinq minutes entre chaque série. La diffusion de la totalité de l'enregistrement nécessite une heure. Ainsi au cours d'une séance de diffusion, les perroquets entendent 30 répétitions d'un même mot. Durant huit mois, nous avons diffusé l'enregistrement chaque soir après avoir quitté les perroquets pour la nuit (vers 18h), ce qui représente environ 240 diffusions.

Voici l'ensemble des mots sélectionnés en fonction des méthodes et des individus :

- Pour la méthode « Modèle/Rival », Shango a été entraîné avec les mots « agrume » (pour un citron en plastique), « pignon » (pour un pignon de pin) et « pétale » (pour des céréales). Zoé a été entraînée avec les mots « fourchette », « fève » et « œuf dur ».

- Pour la méthode « Intuitive », Shango a été entraîné avec les mots « soldat » (pour désigner des petits soldats en plastique), « penne » (pour des pâtes de la forme penne) et « citrouille » (pour des graines de citrouille). Zoé a été entraînée avec les mots « brindille », « pois chiche » et « biscotte ».

- Pour la méthode « Répétition/Association », Shango a été entraîné avec les mots « rouleau » (pour un rouleau de papier), « semoule » (pour de la semoule cuite) et « maïs » (pour des grains

de maïs), puis avec les mots « yaourt » (pour un pot de yaourt vide), « biscuit » et « liège » (pour un bouchon en liège) puisqu'il a appris trois mots avec cette méthode (voir ci-dessous). Zoé a été entraînée avec les mots « flacon » (pour une bouteille en plastique), « groseille » et « lentille ».

- Pour la méthode « Diffusion », les trois perroquets ont été entraînés avec les mots « bout de bois » (pour des morceaux de bois triangulaire), « noisette », « vitamine » (pour un tube vide de comprimés de vitamines) en ce qui concerne les mots prononcés avec une intonation neutre et « ananas » (pour des morceaux d'ananas), « cornichon » (pour un pot de cornichon) et « tournesol » (pour des graines de tournesol) pour les mots prononcés avec des intonations variées.

Les séances d'observation (Obs.)

Une période d'observation individuelle de 30 minutes est effectuée pour chaque animal l'après-midi, 2h15 après la fin de leur dernière séance de la matinée (Figure 17). Cette observation a pour objectif d'évaluer la progression des individus dans l'enrichissement de leur vocabulaire, qu'il s'agisse des mots en cours d'apprentissage ou d'autres entendus au cours de leurs interactions quotidiennes avec l'ensemble du personnel du laboratoire.

Afin de s'adapter au caractère de chaque individu, le protocole de l'étape d'observation est différent selon les perroquets. Shango vocalise davantage quand l'expérimentateur est en dehors de la volière, non visible. Dans le cas contraire (si l'expérimentateur est dans le sas) il passe la séance à émettre des cris correspondant à des vocalisations de contacts comme cela a été montré lors d'une étude réalisée par Nicolas Giret et ses collaborateurs (Giret *et al.*, soumis). Au contraire, Zoé vocalise davantage si un expérimentateur est présent dans la pièce. Par conséquent, nous avons décidé de nous placer dans le sas, dos à la volière afin qu'elle puisse nous voir mais qu'il n'y ait pas d'autres types de contacts (regard, etc.).

Validation de l'étape de production

Afin de déterminer le moment où la production d'un mot est acquise et que, par conséquent, nous devons débiter la seconde étape du protocole, des critères ont été établis. Les séances d'observation étant enregistrées et les nouvelles vocalisations isolées et diffusées auprès des intervenants de l'expérience, un mot est considéré comme validé lorsque les quatre

expérimentateurs ont reconnu au moins cinq occurrences nettes du mot. Commence alors la seconde phase à savoir l'association, phase durant laquelle le perroquet doit comprendre la relation signifiant-signifié.

Etape d'association (Ass.):

Pour les méthodes « Modèle/Rival » et « Intuitive »

Cette étape intervient théoriquement dans un second temps or, comme cela a été décrit préalablement, l'animal, au cours des méthodes « Modèle/Rival » et « Intuitive » interagit directement avec l'item en même temps que le nom de celui-ci est prononcé. Par conséquent il est possible que le perroquet apprenne directement, en une seule étape, le nom de l'item et à quoi il correspond. Cependant, il se peut également que l'oiseau ne fasse pas directement le lien entre le mot prononcé et l'item. En effet, il se peut que l'oiseau emploie le mot-label de façon non référentielle.

Des périodes de cinq minutes ménagées dans l'après-midi (Figure 17) sont consacrées à cette étape d'association. On répète la procédure de la méthode qui a permis l'apprentissage du mot pour l'item en question. L'étape d'association cesse lorsque le sujet a réussi le test destiné à évaluer les compétences de l'individu à associer un mot à un item (voir ci-après).

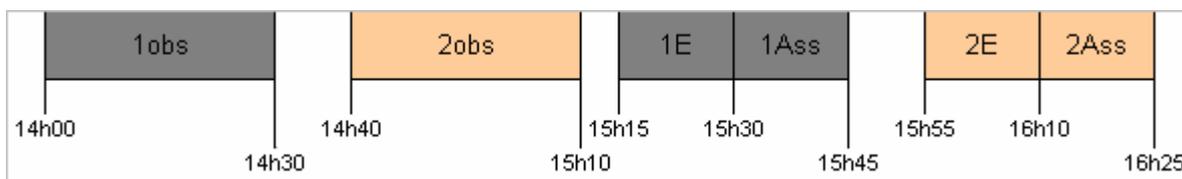
Pour les méthodes « Répétition/Association » et « Diffusion »

Dans les méthodes « Répétition/Association » et « Diffusion », les étapes de production et d'association sont dissociées dans le temps. Ainsi, au cours de l'étape d'association, lors des interactions, nous rétablissons les caractères référentiel et fonctionnel de l'apprentissage (Tableau 1). L'animal est récompensé par l'item à chaque fois qu'il en prononce le nom. Une période de renforcement d'une semaine a lieu au cours des séances d'observations. La personne qui enregistre les animaux intervient pour présenter l'item à l'animal et le laisser interagir avec lorsque ce dernier prononce le nom de l'item en question. Par la suite, l'association interviendra au cours d'une autre session de 15 minutes (en fin de journée, appelée Ass sur la Figure 17) et non plus au cours des périodes d'observations. Au cours de ces sessions, le perroquet est

enregistré et l'expérimentateur intervient en entrant dans la volière, en félicitant l'oiseau et en donnant l'objet à chaque fois qu'il entend le mot-label. L'étape d'association cesse lorsque le sujet a réussi le test mis en place pour l'évaluation des capacités à employer un label de façon référentielle (voir ci-après).

Figure 17 : Décours temporel des séances d'observations et d'association

1 : perroquet testé en premier ; 2 : perroquet testé en second ; Obs. : séance d'observation ;
E : entraînement ; Ass. : phase d'association
Ce décours a été appliqué du lundi au jeudi inclus.



L'entraînement

Chaque jour un entraînement permettant à l'animal de s'habituer à répondre à la question 'qu'est-ce que c'est ?' face à différents items est effectué. Chaque item est présenté à cinq reprises de manière pseudo-randomisée afin de ne pas avoir plus de deux répétitions successives d'un même item. Les items sélectionnés sont, d'une part, celui correspondant au label nouvellement appris et d'autre part, les items dont les animaux connaissent déjà le nom de manière référentielle (« cacahuète » et « stylo » pour Shango et « cacahuète » pour Zoé). Les éléments fixes à savoir « cacahuète » et « stylo » ont été décidés suite aux observations préalables. Dans un pré-test les animaux avaient dû apprendre et employer ces mots de façon référentielle. Nous nous sommes donc servis de ces items comme éléments témoins dans nos tests. A chaque fois l'animal a 20 secondes pour répondre. La question 'qu'est-ce que c'est ?' est répétée après 10 secondes si nécessaire (si l'animal n'a pas répondu).

En cas de réussite l'animal se voit félicité et reçoit l'item nommé pour une interaction de 10 secondes environ puis l'expérimentateur l'interroge sur l'item suivant. En cas d'échec (absence de réponse ou réponse incorrecte), l'expérimentateur sort de la pièce pendant 20 secondes laissant l'oiseau seul (time-out) puis rentre de nouveau dans la pièce et réitère la question. Nous pouvons être amenés à réitérer l'essai jusqu'à deux fois, soit un maximum de six présentations pour un

même item (ce qui représente un maximum de deux présentations en cas de réussites successives).

En cas d'échecs successifs, on change d'item après avoir fait le time out qui suit la troisième répétition de la question. Les entraînements ont lieu les après-midi quatre jours par semaine (Figure 17).

Les tests

Le test effectué correspond à la méthode d'évaluation de la phase d'association. Il est réalisé chaque vendredi, dès que la phase de production a été validée. Le principe est le même que celui de l'entraînement. La différence est que l'expérimentateur ne réitère pas la question si le perroquet n'a pas répondu ou a produit une réponse incorrecte à la fin des 20 secondes. Néanmoins la présentation pseudo-randomisée est conservée (deux présentations successives du même item). De plus, les questions concernant les différents items s'enchaînent du fait que le time-out n'est plus effectué. Le critère de réussite pour considérer un mot comme connu de manière référentielle a été fixé à au moins 4 bonnes réponses sur les 5 présentations de chaque item et ce sur trois séances de test successives.

Les variables

Au cours de cette expérience, nous avons pris en compte i) le nombre de mots appris dans chaque méthode, ii) le nombre des séances nécessaires pour apprendre chacun de ces mots et pour associer ce mot avec l'item correspondant ainsi que iii) le nombre de séances de tests nécessaires pour valider les mots appris lors de la phase d'association.

De plus, nous nous sommes intéressés aux quelques mots qui ont été spontanément prononcés par le sujet au cours des phases d'acquisition. Ces labels d'items ont été répartis en trois catégories : les mots « aliment » désignant des imitations de mots pour des items alimentaires (par exemple : « cacahuète », « raisin »), les mots « objet » désignant des imitations de mots pour des items non alimentaires de type objet (par exemple : « stylo », « rouleau ») et les mots « neutre » désignant des mots ne correspondant ni à des aliments ni à des objets (par exemple : « coucou », « ça va »).

Résultats concernant les méthodes d'apprentissage

Méthode « Modèle/Rival »

Shango aurait commencé à prononcer le mot « agrume » pendant une des phases d'enregistrement après la 31^{ème} séance, mais sa prononciation est restée très longtemps approximative et ce n'est qu'à la 75^{ème} séance que le mot a été reconnu par tous les expérimentateurs. Aujourd'hui, Shango n'a toujours pas fait l'association entre le mot « agrume » et l'objet correspondant. Le mot n'a jamais été produit au cours des séances avec l'objet en question (ni aucune autre séance).

Il aurait aussi commencé à prononcer le mot « pignon » après la 50^{ème} séance, mais ce mot n'a été reconnu que par un seul expérimentateur.

Zoé n'a jamais prononcé de sons ressemblant de près ou de loin au nom d'un des items présentés.

Méthode « Intuitive »

Lors de la phase d'enregistrement après la 36^{ème} séance, Shango aurait commencé à prononcer le mot « soldat ». Cependant la seule occurrence n'a pas été reconnue par l'ensemble des expérimentateurs.

Zoé n'a pas émis de vocalisations pouvant être rapprochées des mots à apprendre.

Méthode « Répétition/Association »

La première occurrence du mot « rouleau » a eu lieu après la 7^{ème} séance et ce n'est qu'après la 12^{ème} séance que tous les intervenants ont reconnu le mot. Trente-deux séances d'entraînement et 12 séances de test ont été nécessaires pour l'association du mot « rouleau » avec l'objet

correspondant. Le mot a été produit au cours de séances de travail comme moyen pour obtenir un item.

Le mot « semoule » entendu pour la première fois après la 9^{ème} séance, a été validé que suite à la 22^{ème} séance. Il a aussi commencé à produire le mot « yaourt » après la 20^{ème} séance. Ce mot qui a été reconnu par tous les expérimentateurs après la 24^{ème} séance. Shango n'a pas fait l'association entre les mots « semoule » et « yaourt » et les items correspondants.

Les mots « maïs » et « biscuit » ont été entendus une première fois après, respectivement la 36^{ème} et la 40^{ème} session. Mais aucun des deux n'a été validé.

Zoé n'a prononcé aucun son ressemblant de près ou de loin aux mots enseignés.

Méthode « Diffusion »

Aucun perroquet n'a appris un des mots diffusés quotidiennement, que ce soit avec des intonations plates ou avec des intonations variées.

L'ensemble des mots, appris et imités et ceux employés de façon référentielle en fonction des méthodes et des individus, est regroupé dans le tableau 2.

Tableau 2: Récapitulatif des résultats

Méthode M/R : méthode « Modèle/Rival » ; Méthode In : méthode « Intuitive » ;

Méthode R/A : méthode « Répétition/Association » ; Méthode D : méthode « Diffusion ».

« agrume » : correspond au label produit

(31) : correspond au nombre de séances nécessaire pour que le mot ait été entendu ou reconnu.

(32/12*) : correspond au nombre d'entraînement/nombre de tests nécessaires pour valider la phase d'association.

Léo n'a participé qu'à la méthode « Diffusion ».

| Sujets | Mot | Méthode M/R | Méthode In | Méthode R/A | Méthode D |
|--------|-------------|--|--------------------|---|-----------|
| Shango | Entendu | « agrume » (31) « pignon » (50) | « soldat » (36) | « rouleau » (7) « semoule » (9) « yaourt » (20) « maïs » (36) « biscuit » (40) | — |
| | Reconnu | « agrume » (75) | — | « rouleau » (12) « semoule » (22) « yaourt » (24) | — |
| | Référentiel | — | — | « rouleau » (32/12*) | — |
| Zoé | Entendu | — | — | — | — |
| | Reconnu | — | — | — | — |
| | Référentiel | — | — | — | — |
| Léo | Entendu | | | | — |
| | Reconnu | | | | — |
| | Référentiel | | | | — |

Les étapes de l'apprentissage

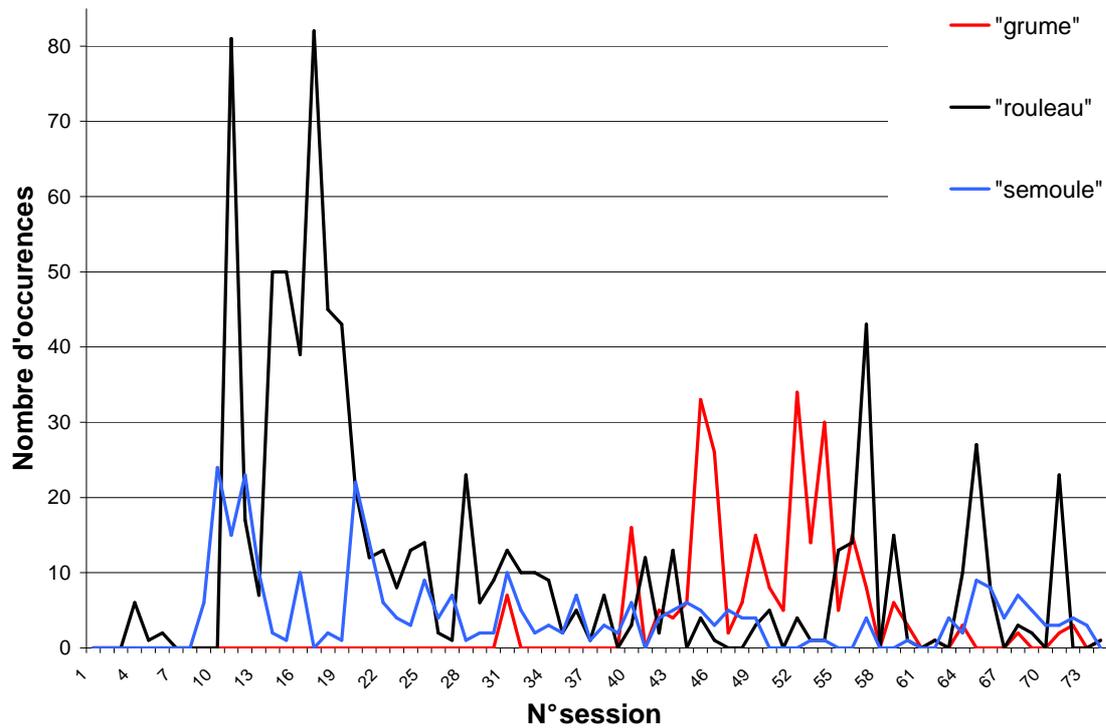
Lors de l'apprentissage d'un nouveau mot, il est possible de distinguer différentes étapes. Ainsi, Shango est passé par une période « d'écoute » durant laquelle il entend les sons produits par l'expérimentateur.

Ensuite vient une étape « approximative » durant laquelle l'oiseau va s'exercer à la production du label (ce qui est produit est comparé au modèle). Bien souvent cette étape ne se remarque pas car elle se déroule en l'absence de toute présence humaine. Cependant, le protocole employé avec Shango fait que les vocalisations produites étaient enregistrées chaque après-midi durant une demi-heure. C'est ainsi que l'on peut noter que le nouveau label peut être, soit prononcé correctement dès le début soit dans la majorité des cas, le label est imité en partie soit sous la forme d'éléments ayant à peu près la même intonation soit sous la forme de syllabes semblables à celles rencontrées dans le mot. Cette étape peut durer plus ou moins longtemps, par exemple pour « rouleau », les premières tentatives entendues étaient correctes alors qu'il a fallu plus de 40 séances pour que le premier son ressemblant à « grume » s'affine en « agrume » et que des mots comme « maïs » ou « soldat » n'ont pas dépassé cette étape et ne sont maintenant plus prononcés.

Ensuite nous observons une étape « d'appropriation » où ce mot est prononcé clairement et prend une part importante dans le répertoire de l'animal. C'est ce que l'on peut observer sur le graphique de la figure 18 avec la phase ascendante des différents tracés.

Enfin, nous pouvons noter une dernière étape de « normalisation » où ce nouveau mot apparut décroît en terme de nombre d'occurrences au cours du temps (exemple de « rouleau », « semoule ») et laisse la place à d'autres types de vocalisations. Toutes ces étapes ont été définies à partir des données issues des enregistrements des sessions d'observation de l'après-midi.

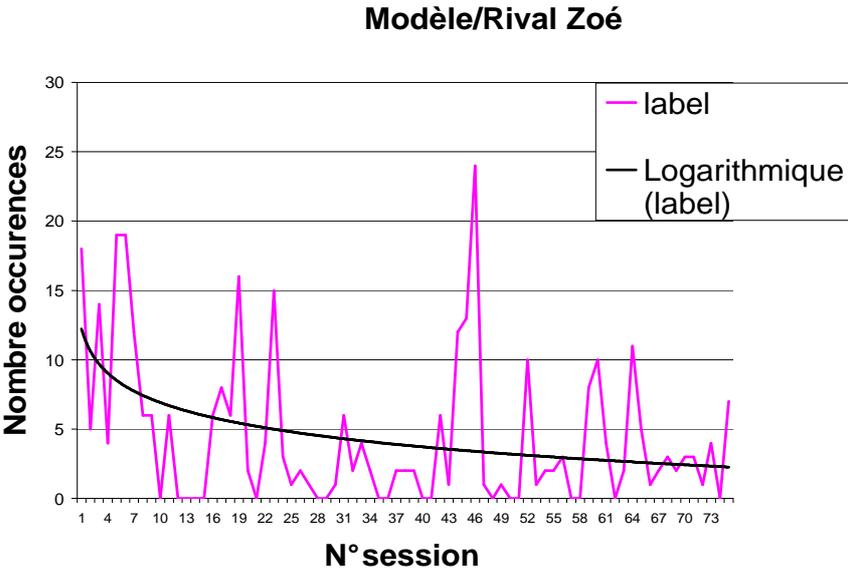
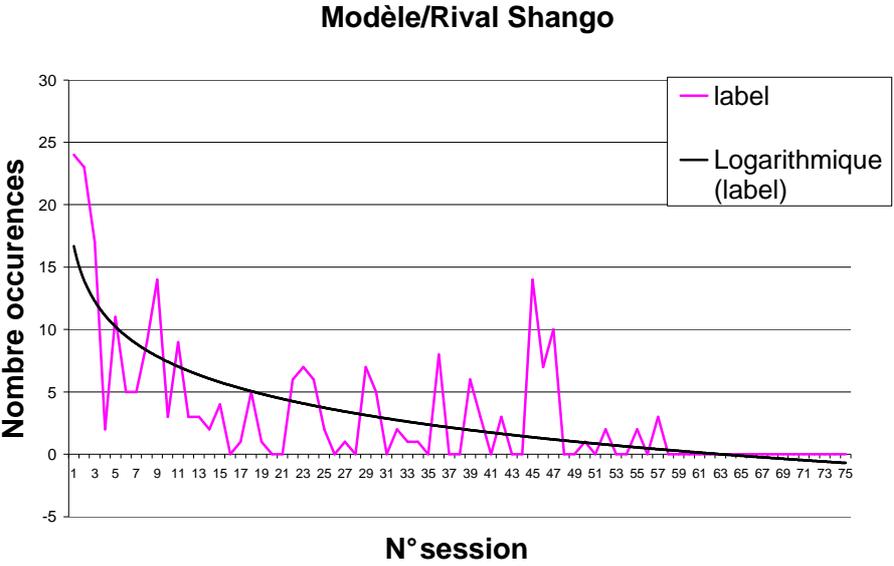
Figure 18 : Variation du nombre d'occurrences des nouveaux mots appris au cours du temps chez Shango.



La motivation des individus

Si l'on considère l'ensemble des séances de travail, nous avons observé une diminution des vocalisations au fil des séances. En effet, chez les deux individus, Shango et Zoé, le nombre de tentatives pour obtenir l'item, au cours des séances de « Modèle/Rival », diminue au fur et à mesure des jours ($\chi^2 > 999, p < 0,001$).

Figure 19 : Nombre d'occurrences des labels produits au cours des séances « Modèle/Rival » pour Shango et Zoé



Discussion concernant les méthodes d'apprentissage

Au cours de cette étude, nous avons cherché à déterminer quelle(s) était(ent) la (ou les) méthode(s) la (les) plus adaptée(s) pour que nos perroquets apprennent à utiliser un système arbitraire de communication référentielle, à savoir des mots humains. Dans l'ensemble, il est possible de dire que cet apprentissage a été long et très inégal, car seul Shango a appris de nouveaux mots au cours de notre expérience. Shango et Zoé avaient appris quelques mots, employés de façon référentielle, avant la mise en place de notre protocole et Léo, quant à lui, n'a jusqu'à présent rien appris de façon référentielle. Il apparaît aussi que la méthode « Répétition/Association » est la plus efficace pour obtenir des résultats, avec Shango au moins. En effet, aucun mot n'a été appris avec les méthodes « Intuitive » et « Diffusion », un mot a été appris avec la méthode « Modèle/Rival » mais il n'a pas été associé à l'item correspondant.

Nous ne pouvons exclure l'éventualité d'un apprentissage latent et donc la possibilité que nos perroquets produiront et utiliseront de façon référentielle des mots répétés au cours de la méthode « Modèle/Rival » plus tard dans le temps. Il est aussi possible que nos oiseaux puissent apprendre un jour avec cette méthode.

Il est surprenant que nous n'ayons pas obtenu de résultats probants avec la méthode « Modèle/Rival » utilisée à de nombreuses reprises avec succès par Pepperberg et ses collaborateurs (Pepperberg, 1994b; Pepperberg & McLaughlin, 1996; Pepperberg *et al.*, 1998; Pepperberg *et al.*, 1999; Pepperberg *et al.*, 2000; Pepperberg & Wilkes, 2004). D'autres méthodes (diffusion sur écran vidéo, en présence d'un expérimentateur, de séances de « Modèle/Rival » avec Alex) ont permis l'apprentissage de mots par ses perroquets mais jamais de façon référentielle. Pour tenter d'expliquer en partie cette contradiction entre les résultats attendus et ceux que nous avons obtenus, plusieurs points peuvent être avancés.

Tout d'abord, il est possible que Pepperberg ait travaillé de façon plus intensive, que ce soit en nombre de sessions ou encore en durée d'une séance. Ainsi, après 26 mois d'entraînement, son perroquet Alex connaissait les noms de neuf items différents qu'il a prononcés de manière référentielle dans 78% des cas présentés au cours de 200 tests (Pepperberg, 1999).

Dans notre expérience nous testons quatre méthodes avec trois individus, ce qui bien sûr ne permet pas de consacrer autant de temps pour chaque sujet que Pepperberg en a consacré à Alex. De plus nous avons réalisé 75 séances réparties sur six mois durant lesquels 24 nouveaux mots ont été testés.

Il se peut aussi que l'on ait surchargé les séances en apportant un trop grand nombre d'informations en termes d'occurrences des mots. Il semblerait que Pepperberg, lors de la réalisation de la méthode, répète moins souvent le mot mais réalise plus d'interactions. Cependant nous avons réussi au cours d'une expérience précédente à apprendre à Zoé à dire « bouton » en répétant le mot un grand nombre de fois mais seulement sur un très laps de temps (4 jours).

L'âge de nos individus peut avoir une influence sur les résultats. Nos perroquets sont encore jeunes (entre 2 et 4 ans). Néanmoins cette hypothèse semble peu probable d'une part du fait que Pepperberg soit parvenue à enseigner plusieurs mots de façon référentielle grâce à la méthode « Modèle/Rival » à des individus âgés de moins d'un an (Pepperberg, 1994b) et d'autre part du fait que nos oiseaux aient réussi à apprendre tout de même quelques mots employés de manière référentielle mais avec d'autres méthodes.

Concernant Zoé, la période durant laquelle s'est déroulée notre expérience a coïncidé avec l'apparition de comportements typiques de nidification (gratter le sol, arracher des morceaux de carton et de papier, *etc.*). Il est possible que le fait que Zoé atteigne la maturité sexuelle et donc qu'elle soit exposée à des taux élevés de certaines hormones sexuelles, ait perturbé son comportement d'apprentissage de mots humains, notamment en rendant l'oiseau plus sensible aux vocalisations de ses congénères.

Une autre explication possible est celle des conditions du maintien en captivité de nos oiseaux qui sont assez différentes de celles mises en place par Pepperberg. Nos oiseaux vivent ensemble dans une volière suffisamment spacieuse ce qui permet à chaque individu d'avoir son propre espace et d'échapper aux interactions agonistiques qui peuvent avoir lieu entre eux du fait d'une hiérarchie de dominance non linéaire qui s'est établie entre nos perroquets : Shango est dominant sur Zoé mais est dominé par Léo, Zoé quant à elle est dominante sur Léo. Les oiseaux d'Irene Pepperberg étaient, eux, maintenus séparés les uns des autres et il est possible que ces conditions d'élevage influencent le comportement des animaux dans les relations privilégiées qu'ils

pourraient avoir avec les personnes qui s'en occupent, notamment en augmentant le caractère exclusif de la relation. Ainsi, dans le cas des études de Pepperberg, ce type de relations pourrait être à l'origine d'une attention plus importante de la part des oiseaux au cours des séances de travail aux indices produits par l'expérimentateur et donc d'un meilleur apprentissage.

Dans la vie de tous les jours on remarque que les perroquets apprennent à imiter préférentiellement leurs congénères plutôt que les êtres humains et ceci pourrait être accentué dans notre système d'hébergement. Il est également possible d'envisager une influence du fait d'avoir ou non les plumes des ailes coupées. Ainsi, les perroquets de Pepperberg ne peuvent pas se déplacer librement contrairement aux nôtres. Pendant les séances de travail, lorsqu'un de nos sujets ne veut plus travailler ou veut simplement aller boire ou manger, il peut s'envoler et aller se placer sur un autre perchoir. Bien qu'un oiseau puisse décider d'arrêter de travailler sans pour autant quitter sa place, le fait d'être dépendant des expérimentateurs pour se déplacer peut modifier le déroulement des séances de travail, notamment en obligeant l'individu à être plus attentif aux faits et gestes de l'expérimentateur.

Au cours de séances préliminaires, les perroquets ont souvent montré des défauts d'attention. C'est pourquoi nous avons adapté la durée des séances de travail, quinze minutes avec trois objets différents, afin de rester dans une fenêtre de temps suffisamment courte pour ne pas que l'oiseau se lasse.

Cependant, il n'est pas impossible que nos perroquets aient eu des difficultés à se concentrer sur l'ensemble des éléments à prendre en considération dans chacune des méthodes. Pendant une séance de « Modèle/Rival », le perroquet doit être attentif aux interactions entre les deux expérimentateurs, ce qui signifie qu'il doit porter son attention i) sur ce que dit le « modèle », ii) sur l'item, iii) au fait que le « modèle » n'est récompensé que pour un type de vocalisation particulier et iv) qu'il est possible de se tromper et de corriger sa réponse. Au cours des sessions de travail, les perroquets ont émis plusieurs types de vocalisations :

- des vocalisations de demande identifiées auparavant dans une expérience réalisée par Nicolas Giret et ses collaborateurs (Giret *et al.*, soumis) et qui portait sur les vocalisations produites dans des contextes spécifiques.
- des mots qu'ils connaissaient de façon référentielle (mais appris avec d'autres méthodes) comme par exemple le mot «cacahuète».
- des mots neutres comme par exemple «bonjour».

Ainsi il semble que les oiseaux n'ont pas été attentifs à ce que le ou les expérimentateurs prononçaient compte tenu du fait qu'ils n'ont jamais employé les nouveaux mots au cours des interactions.

Ce défaut d'attention pourrait s'expliquer par le fait que les perroquets étaient focalisés sur l'item. Le seul mot (« agrume ») qui a été appris par Shango avec cette méthode « Modèle/Rival » est celui qui se réfère à un objet (citron en plastique) pour lequel il était très peu motivé. Il est donc possible qu'il ait été plus « passif » vis à vis des interactions et de l'objet en question. Ainsi, les conditions sont devenues pour l'animal similaires à celles de la méthode de « Répétition/Association » où durant la première phase l'expérimentateur répète le mot et ne présente pas l'item. Il est possible que dans ces conditions l'oiseau ait été plus à même de se concentrer sur les mots prononcés par les expérimentateurs.

Il se peut également que dans ces méthodes « Modèle/Rival » et « Intuitive », où l'objet est présenté pendant la séance, l'animal soit tellement intéressé par l'item que son seul but soit de l'obtenir. L'oiseau ne prête pas attention au reste des éléments de l'environnement et c'est ainsi que plus d'une fois Shango a volé l'item alors qu'on le lui présentait et les tentatives se sont répétées comme s'il s'agissait d'un jeu pour l'animal.

Les aspects motivationnels de l'animal vis-à-vis de l'item pourraient également expliquer le défaut d'attention. Cette démotivation a pu être notée au niveau des vocalisations émises. Nous avons vu que le nombre de tentatives, en terme de production de labels, pour obtenir un item diminuait au cours des séances (Figure 19) Un certain désintérêt pourrait apparaître au fur et à mesure du déroulement des sessions soit parce que l'item n'est plus nouveau, soit parce que l'animal ne le reçoit pas (dans la méthode « Modèle/Rival », c'est uniquement quand il produit le label qu'il reçoit l'item).

Cette hypothèse d'un manque d'attention pourrait aussi expliquer l'absence de résultats obtenus avec la méthode « Intuitive ». Bien que les facteurs susceptibles de perturber l'attention soient moins nombreux du fait qu'il n'y ait qu'un seul expérimentateur, l'oiseau doit tout de même prêter attention à l'item et à ce que dit la personne présente avec lui. Au cours d'interactions quotidiennes et donc de démonstrations « intuitives » que Shango est parvenu à apprendre et employer plusieurs mots comme par exemple : « scotch », « pomme », « carotte », *etc.* Mais il semble que ce soit face à un contexte en son entier et non face à l'item seul que l'oiseau produit ces labels et par conséquent, il s'agirait plus de conditionnement que d'un réel apprentissage référentiel. Par exemple, il prononce le label « scotch » au moment où nous changeons les papiers

qui recouvrent le sol de la volière. Nous fixons ces papiers à l'aide de scotch. Ces situations de la vie courante sont bien spécifiques (contexte général, moment de la journée...) et c'est peut-être parce que nos sessions « Intuitives » ne présentaient pas suffisamment d'éléments saillants que nos oiseaux ne sont pas parvenus à distinguer les différentes situations les unes des autres. Un autre élément en faveur de cette hypothèse est le fait que Shango ait appris et employé de manière appropriée la séquence suivante : « Shango, t'es prêt, 'bip' » (bruit produit par le déclenchement du chronomètre). Cette séquence était produite par l'expérimentateur durant les entraînements et les tests, juste avant que la question « qu'est-ce que c'est ? » ne soit posée. Il est possible que la situation ait été suffisamment distincte du reste des interactions pour pouvoir être appréhendée par le perroquet.

Concernant maintenant la méthode « Répétition/Association » les résultats ont confirmé les données recueillies antérieurement de façon moins rigoureuse. Ainsi il semble, tout du moins pour Shango, qu'il s'agisse de la méthode la plus adaptée pour permettre cet apprentissage référentiel de mots. Durant la première phase de cette méthode (répétition), le sujet ne doit prêter attention qu'à ce que dit l'expérimentateur, aucun objet ne vient perturber les interactions qui sont réduites. Cette situation est assez proche de ce que l'on peut rencontrer en milieu naturel lorsque les oiseaux vocalisent pendant leur temps de repos. Cependant, il semble que les perroquets n'imitent que s'ils ont la possibilité d'interagir avec l'émetteur. En effet, l'absence de résultats obtenus par la méthode de « Diffusion » confirme cette nécessité d'un minimum d'interactions, argument déjà soulevé par Pepperberg et ses collaborateurs (Pepperberg, 1994b; Pepperberg & McLaughlin, 1996; Pepperberg *et al.*, 1998).

Il peut paraître étonnant que Shango soit parvenu à employer de façon référentielle le label « rouleau » mais non « semoule », le second faisant référence à de la nourriture. Ceci peut s'expliquer par la motivation du sujet. En effet, l'oiseau reçoit en récompense l'item dont il a produit le label. Par conséquent, quand Shango a commencé à prononcer le label « semoule », on entrainait dans la volière pour lui donner l'aliment correspondant. Or, il s'est avéré que Shango n'a pas aimé la semoule et à chaque fois il arrêtait de produire le label. Ceci pourrait être considéré comme de l'association conditionnée mais de façon négative, dans le sens où il aurait fait le lien entre le fait de produire un certain type de label et le fait de recevoir un aliment qu'il n'aime pas.

Le fait d'entrer dans la volière a aussi pu provoquer un mécontentement de la part de l'animal. En effet, il semble que les périodes de vocalisations pendant les phases de repos constituent un

moment de bien-être. Ainsi, on peut émettre la supposition que le rouleau a constitué un objet suffisamment attrayant pour que l'animal accepte d'être interrompu lors des phases de vocalisations. Il est possible que ce n'ait pas été le cas pour la semoule puisqu'il n'aime pas cet aliment.

Il apparaît donc que les caractères référentiels et fonctionnels lors d'interactions ne sont pas indispensables dans un premier temps pour permettre l'acquisition d'un mot mais que par contre un minimum d'interactions est nécessaire pour l'apprendre et l'imiter. On observe d'ailleurs des résultats cohérents avec l'étude de Pepperberg et McLaughlin (1996) en ce qui concerne la méthode « Diffusion » : les interactions sont indispensables pour un apprentissage référentiel des mots. Dans l'expérience de Pepperberg et McLaughlin, les oiseaux étaient tout de même parvenus à apprendre des mots mais jamais de façon référentielle.

Ainsi, bien qu'il ne s'agisse pas d'une remise en cause, il est tout de même intéressant de souligner le fait que durant presque trente ans la méthode dite du « Modèle/Rival » a été présentée par Pepperberg comme étant la seule à pouvoir permettre un apprentissage référentiel de mots humains à des perroquets gris du Gabon. Dans notre méthode, l'item n'intervient que comme récompense à une réponse qui est donnée mais qui ne fait suite à aucune question particulière. Cependant, il est tout à fait envisageable d'apprendre au perroquet le mot « jaune » par exemple. Une fois qu'il aura appris et imité le nouveau label, l'expérimentateur présentera à l'oiseau un item jaune en lui posant la question « quelle couleur ? ». L'étape suivante étant de présenter un rouleau jaune par exemple (car Shango connaît le mot « rouleau ») et de l'interroger sur différentes caractéristiques de l'objet comme le nom ou la couleur en ajustant le type de questions posées à l'animal. Ainsi les potentialités de notre nouvelle méthode apparaissent équivalentes à celles de la méthode du « Modèle/Rival » de Pepperberg.

Résultats concernant la catégorisation

Au cours des méthodes « Modèle/Rival » et « Intuitive », des items ont été présentés aux animaux. La majeure partie du temps les oiseaux n'ont rien dit devant les items même si ces derniers les attirait. Cependant, quelques fois Shango et Zoé ont produit des vocalisations afin de les obtenir. Or, il s'avère qu'ils ont spontanément employé plus de labels faisant référence à un aliment face à un item alimentaire (par exemple : « cacahuète » face à un pignon ou une penne ; ($\chi^2 > 999$, $p < 0,001$) que d'autres labels ou types de vocalisations. Concernant Shango, il a également employé d'autres mots appris de manière référentielle pendant la période au cours de laquelle notre étude s'est déroulée pour demander l'item. Par exemple, le mot « raisin » (appris au cours des interactions quotidiennes en dehors de l'expérience contrôlée) a été utilisé pour demander des pignons, des pennes ou des graines de citrouille et le mot « rouleau » (appris par la méthode « Répétition/Association ») pour demander un soldat (Figure 20). Il semble donc qu'il ait regroupé des vocalisations dans des catégories et il se sert de ces labels pour demander des items appartenant à des catégories spécifiques.

Les différents mots prononcés par Shango et Zoé ont été répertoriés au cours des séances de « Modèle/Rival » et « Intuitive » (Figure 20 & 21).

Figure 20 : Spécificité des vocalisations chez Shango

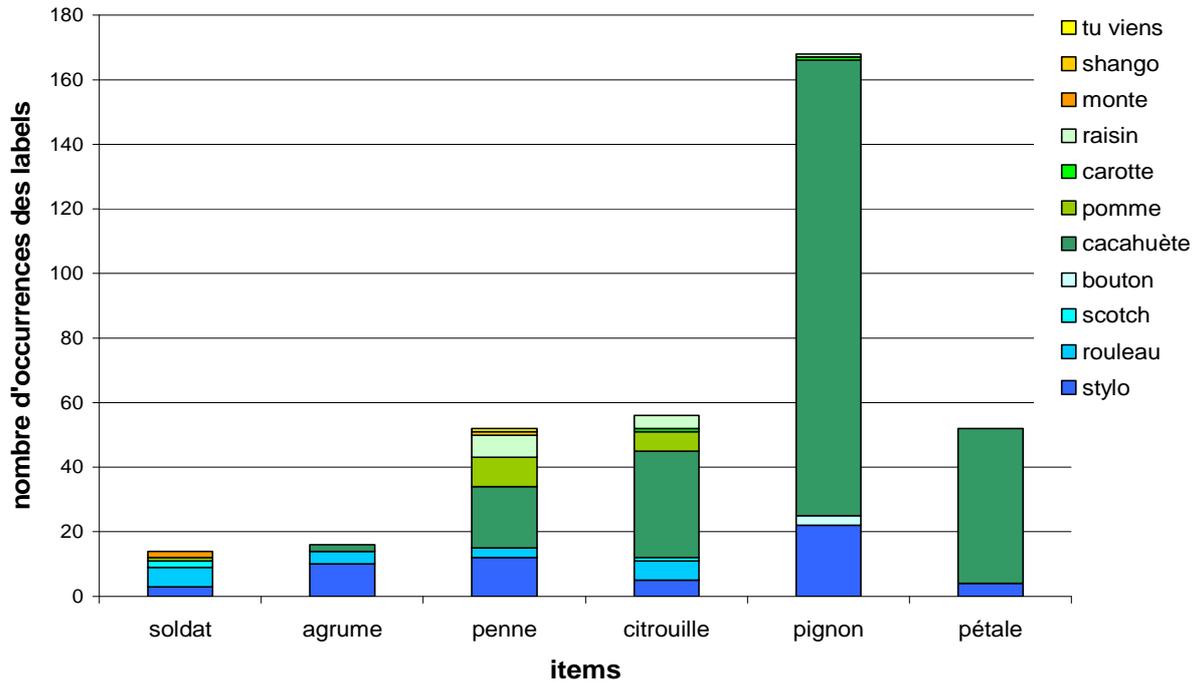
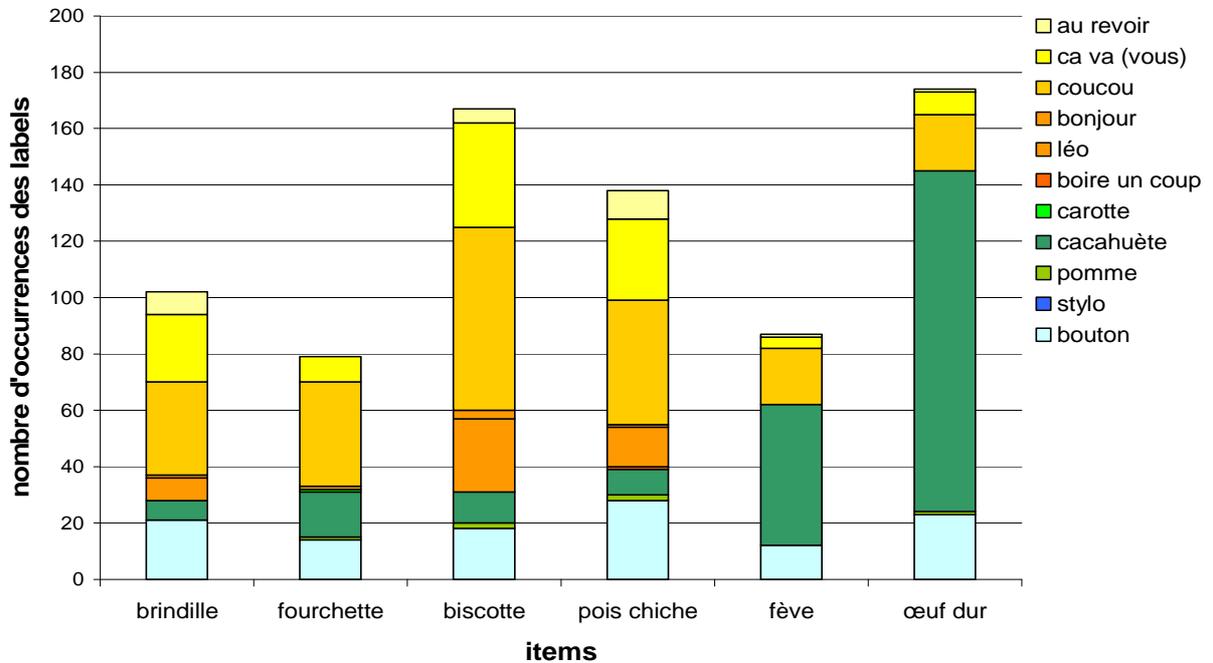


Figure 21 : Spécificité des vocalisations chez Zoé



Couleur jaune-orangée : mots qualifiés de neutre

Couleur verte : mots « aliments »

Couleur bleue : mot « objets »

De manière générale, il est possible de noter que les perroquets produisent plus de labels lorsqu'il s'agit d'un item alimentaire que lorsqu'on leur présente des objets (Figure 20 ; Figure 21). Nous pouvons également remarquer que Zoé vocalise plus que Shango mais qu'elle a tendance à produire beaucoup de labels que l'on a qualifié de neutres comme par exemple « ça va » ou « coucou » (Figure 21). D'autre part, il y a plus de variations dans le nombre de labels produit en fonction de l'item chez Shango (un maximum de tentatives pour obtenir le pignon) que chez Zoé (Figure 20 ; Figure 21). Pour Shango on remarque la production de plus de labels faisant référence à des aliments lorsque l'expérimentateur lui présente des items alimentaires et qu'au contraire, il produit plus de labels en relation avec des objets quand les items présentés sont des objets (Figure 20). Concernant Zoé, si on ne tient pas compte des labels qualifiés de neutres, on retrouve la même tendance pour deux des items alimentaires présentés (la fève et l'œuf dur) et pour les objets (Figure 21).

Il est possible de regrouper les différentes catégories de labels en fonction du type d'item à savoir aliment ou objet (Figure 22 & 23).

Figure 22 : Catégorisation aliment/objet des items présentés par Shango

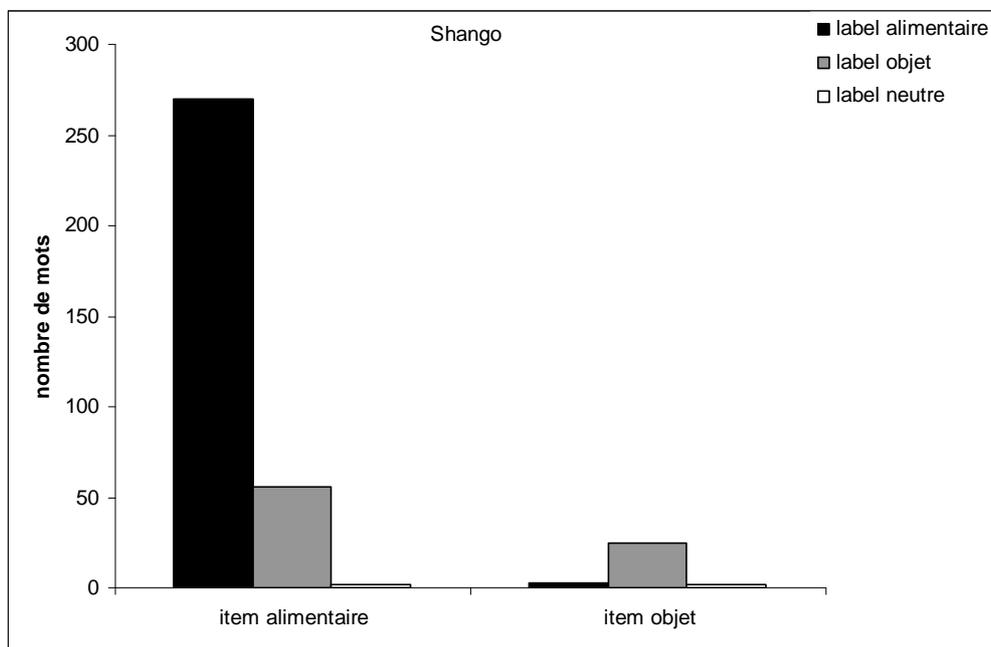
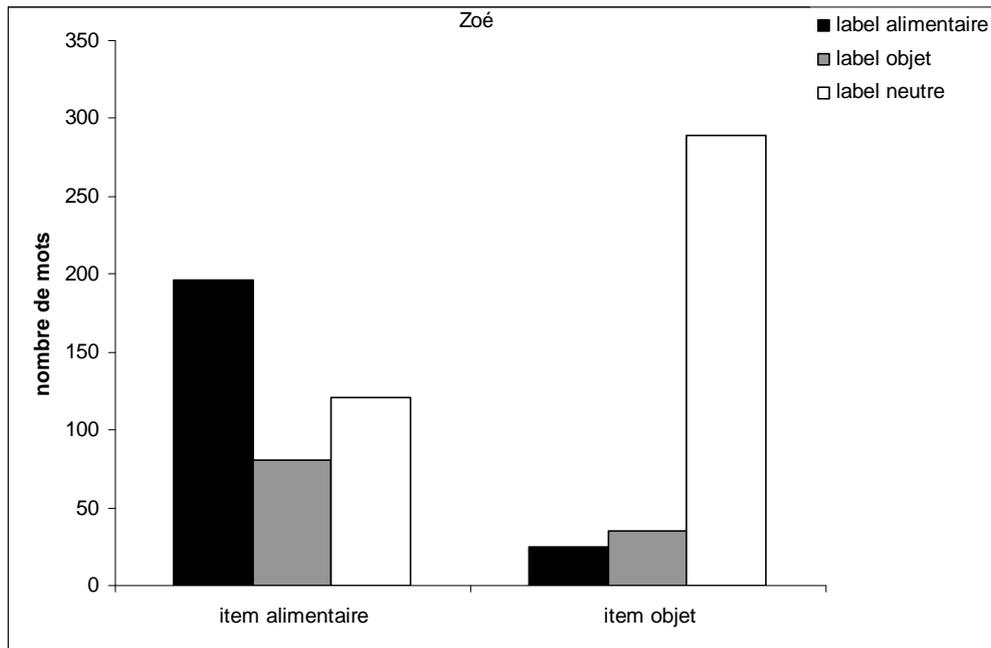


Figure 23 : Catégorisation alimentaire/objet des items présentés, Zoé



Nous remarquons que dans les deux situations et chez les deux individus, un regroupement des items à bien eu lieu et ce, en relation avec leurs fonctions, à savoir : aliment ou objet (Figure 22 ; Figure 23). Pour Zoé on remarque la part importante des vocalisations qualifiées de neutres et si on décide d'en tenir compte, on note tout de même que lorsque l'expérimentateur lui présente un item alimentaire, les labels qu'elle produit sont majoritairement ceux faisant référence à des aliments (Figure 23).

Il semble, au vu des résultats que nos perroquets aient spontanément réalisé une catégorisation fonctionnelle des items présentés et ce en employant différemment des labels qu'ils connaissent.

Discussion concernant la catégorisation

Cette spécificité de la demande observée au travers de la catégorisation spontanée de certains items semble étonnante au vu des résultats obtenus par Nicolas Giret au cours d'une autre étude sur ces mêmes individus et qui avait mis en évidence l'existence d'une vocalisation de demande non spécifique quelque soit l'item (Giret *et al.*, soumis).

Plusieurs espèces animales sont capables de catégorisation perceptive, comme par exemple les bourdons, capables de catégoriser des types floraux et de généraliser par la suite pour les nouveaux exemples proposés (Dukas & Waser, 1994). Quelques espèces montrent des aptitudes à la catégorisation fonctionnelle (plus abstraite), comme par exemple les primates (Savage-Rumbaugh *et al.*, 1980; Bovet & Vauclair, 1998; Inoue *et al.*, 2008) et les oiseaux (Watanabe, 1993). C'est le cas par exemple pour des singes rhésus qui sont capables de distinguer des items alimentaires et des items non alimentaires à partir de photographies (Inoue *et al.*, 2008).

Il semble que la capacité à employer des similarités de fonctions comme critères de classification n'est possible que si l'individu peut se rendre compte (*via* l'expérimentateur ou *via* lui-même) de l'utilisation qui peut être fait de l'item (Träuble & Pauen, 2007). Ceci nécessite un certain développement des structures cognitives et ainsi, chez les enfants, il est possible d'observer l'apparition de cette capacité vers les un an (Madole *et al.*, 1993).

Il est intéressant de souligner le fait que bien que les perroquets n'aient pas recours à des vocalisations naturelles spécifiques pour demander ce qu'ils veulent (Giret *et al.*, soumis), ils sont capables d'utiliser différemment des mots qu'ils imitent pour des items alimentaires et des items non alimentaires (Figure 20 ; Figure 21). Cette catégorisation fonctionnelle ne résulte pas d'un entraînement. Les oiseaux ne recevaient pas l'item s'ils n'utilisaient pas son nom exact et par conséquent aucun renforcement n'a été réalisé. Les perroquets ont commencé à employer des labels qu'ils connaissaient dès les premières sessions de travail.

Dans l'étude d'Inoue *et al.* (2008), les auteurs suggèrent que la catégorisation aliment/non aliment et mâle/femelle (pour des individus appartenant à la même espèce) pourrait être spontanée chez les singes rhésus. Cette capacité à catégoriser spontanément des items selon leur fonction a été observée chez Washoe. Ce chimpanzé a employé des symboles qu'elle connaissait déjà pour nommer d'autres items. Ainsi elle produisait le signe « dog » (chien) pour « cow » (vache) ou encore « comb » (peigne) pour « brush » (brosse) mais jamais « comb » pour « cow »

(Fouts, 1997). Bien que rarement observé chez les animaux ce type de catégorisation (fonctionnelle) est fréquemment rencontré chez les enfants lors de l'apprentissage du langage (Vauclair, 2004).

Les enfants humains adoptent généralement deux stratégies lors de l'acquisition du sens des mots. L'une dite de sous-extension consiste à utiliser un mot pour une catégorie trop restreinte comme par exemple l'emploi du mot « eau » pour l'eau du bain et du mot « lolo » pour l'eau potable. L'autre stratégie, à l'inverse est dite de sur-extension et consiste à attribuer un seul mot pour plusieurs référents comme le mot « maman » pour désigner les femmes en général. Sur le plan du développement lexical de l'enfant, le recours aux sous-extensions apparaît, chez la majorité des individus, avant celui des sur-extensions (Vauclair, 2004).

Dans le cas de nos animaux, ils semblent qu'ils commettent l'erreur dite de sur-extension. Comme cité précédemment, lorsque l'animal apprend un nouveau mot il l'emploie de façon préférentielle. Par exemple, Shango, après avoir appris « raisin », l'a utilisé pour demander des items de la catégorie alimentaire. Cette erreur par sur-extension a également été citée par Fouts lors de ses observations d'interactions avec Washoe comme dans l'exemple cité précédemment (Fouts, 1997).

Néanmoins, ce mécanisme chez les perroquets semble un peu biaisé de par le côté arbitraire de la communication qui leur a été appris. L'apprentissage de chaque mot demande un effort et l'association est rare. Ainsi la catégorisation par sur-extension apparaîtrait comme une économie de moyens. De même, il n'est pas possible de savoir si ce type d'erreur effectué par nos perroquets signe une étape particulière dans le développement cognitif comme c'est le cas chez les enfants (Vauclair, 2004). Cependant, même si le terme de sur-extension ne pourrait être appliqué dans cette situation dans le sens où il s'agit d'un moyen de communication non naturel imposé, il est important de souligner le fait que nos perroquets ont été capables de catégoriser spontanément des labels (« cacahuète », « raisin »/ « rouleau », « stylo ») pour s'en servir afin d'obtenir des items qu'ils ont réparti également en différentes catégories (aliment/objet).

Les limites de notre étude, perspectives et conclusion

Le faible nombre de sujets pourrait constituer une limite à notre étude. Néanmoins, dans le domaine de la cognition, la réussite d'un individu peut signifier qu'il s'agit d'une capacité de l'espèce même si cette capacité ne se retrouve pas chez la majorité des individus de la même espèce. Dans le cas contraire, c'est-à-dire en cas d'échec, rien n'est assuré dans le sens où il est plus difficile de conclure pour l'espèce concernée (Triana & Pashler, 1981).

La place disponible au sein de la structure de recherche et le temps nécessaire à l'entretien de ces animaux constituent les éléments principaux à la limitation du nombre de sujets.

De plus, tout apprentissage nécessite un long entraînement. Nos individus sont néophobiques ce qui fait que bien souvent il est nécessaire de passer par des phases d'habituation (vis-à-vis de nouveaux items, de nouveaux personnels ou matériels). Ainsi, si on devait accroître l'effectif participant à une expérience il faudrait prévoir du temps et du personnel supplémentaire.

D'autre part, des contraintes de temps liées aux délais impartis à la réalisation de notre étude ont fait que nous avons adapté le protocole : nous avons tenté de déterminer la ou les méthodes permettant l'apprentissage le plus rapide.

Cette étude a permis de montrer que la variabilité interindividuelle rencontrée au sein des perroquets gris du Gabon permettait d'entrevoir la possibilité d'employer différentes méthodes pour l'apprentissage d'un système arbitraire de communication référentielle, à savoir des mots. Durant plus de trente années, la méthode du « Modèle/Rival » employée par Pepperberg a été perçue comme étant la seule à pouvoir permettre un apprentissage référentiel de mots à des perroquets gris. Nous voyons aujourd'hui qu'une autre méthode est possible et nous n'excluons pas la possibilité d'en découvrir d'autres. Ainsi, nous allons poursuivre l'utilisation de la méthode « Répétition/Association » afin de faire progresser le vocabulaire de nos animaux.

Néanmoins, d'autres voies restent à explorer sans pour autant renoncer aux méthodes déjà testées car il se peut qu'elles fonctionnent avec d'autres individus ou à un autre moment dans la vie de nos oiseaux. Le travail de recherche sur l'influence de l'intonation va se poursuivre, et des expériences mettant en jeu l'emploi des mots appris dans le cadre de la résolution de tâches faisant appel à la coopération ou à la compétition entre les individus sont en prévision. Il serait également intéressant de s'attarder sur le phénomène d'imitation entre les individus et la transmission d'un nouvel élément du répertoire vocal d'un individu à d'autres du groupe. Les résultats obtenus au cours de notre étude concernant les capacités de catégorisation des perroquets et notamment la catégorisation fonctionnelle constituent également une voie de recherche.

Bibliographie

1. Beckers, G. J. L., Nelson, B. S. & Suthers, R. A. 2004. Vocal-tract filtering by lingual articulation in a parrot. *Current Biology*, **14**, 1592-1597.
2. Bloom, P. 2004. Can a dog learn a word? *Science*, **304**, 1605-1606.
3. Blumstein, D. T. 1999a. Alarm calling in three species of marmots. *Behaviour*, **136**, 731-757.
4. Blumstein, D. T. 1999b. The evolution of functionally referential alarm communication: multiple adaptations; multiple constraints. In: *The Evolution of Communication*, pp. 135-147.
5. Blumstein, D. T. & Daniel, J. 2004. Yellow-bellied marmots discriminate between the alarm calls of individuals and are more responsive to calls from juveniles. *Animal Behaviour*, **68**, 1257-1265.
6. Boughman, J. 1998. Vocal learning by greater spear-nosed bats. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **265**, 227-231.
7. Bovee, D. & Vauclair, J. 1998. Functional categorization of objects and of their pictures in Baboons (*Papio anubis*). *Learning and Motivation*, **29**, 309-322.
8. Bradbury, J. W. 2003. Vocal communication in wild parrots. In: *Animal social complexity: Intelligence, culture and individualized societies* (Ed. by de Waal, F. B. M. & Tyack, P. L.), pp. 293-316. Cambridge, MA: Harvard Press.
9. Bugnyar, T., Kijne, M. & Kotrschal, K. 2001. Food calling in ravens: are yells referential signals? *Animal Behaviour*, **61**, 949-958.
10. Byrne, R. 1995. *The thinking ape - Evolutionary origins of intelligence*. Oxford: Oxford University Press, 280p.
11. Cheney, D. & Seyfarth, R. 1990. *How monkeys see the world - Inside the mind of another species*. London: University of Chicago Press, 396p.

12. Cruickshank, A. J., Gautier, J. P. & Chappuis, C. 1993. Vocal mimicry in wild African grey parrots (*Psittacus erithacus*). *Ibis*, **135**, 293-299.
13. Dukas, R. & Waser, N. 1994. Categorization of food types enhances foraging performance of bumblebees. *Animal Behaviour*, **48**, 1001-1006.
14. Emery, N. J. & Clayton, N. S. 2004a. Comparing the complex cognition of birds and primates. In: Comparative vertebrate cognition: Are primates superior to non-primates? (Rogers, L. & Kaplan, G., Eds), pp. 3-55. The Hague: Kluwer Academic and Plenum Press.
15. Emery, N. J. & Clayton, N. S. 2004b. The mentality of crows: Convergent evolution of intelligence in corvids and apes. *Science*, **306**, 1903-1907.
16. Enard, W., Przeworski, M., Fisher, S., Lai, C., Wiebe, V., Kitano, T., Monaco, A. & Pääbot, S. 2002. Molecular evolution of FOXP2, a gene involved in speech and language. *Nature*, **418**, 869-872.
17. Evans, C., Evans, L. & Marler, P. 1993. On the meaning of alarm calls: functional reference in an avian vocal system. *Animal Behaviour*, **46**, 23-38.
18. Evans, C. & Marler, P. 1994. Food calling and audience effect in male chickens, *Gallus gallus*: their relationship to food availability, courtship and social facilitation. *Animal Behaviour*, **47**, 1159-1170.
19. Evans, C. S. 1997. Referential signals. *Perspectives in ethology*, **12**, 99-143.
20. Evans, C. S. & Evans, L. 1999. Chicken food calls are functionally referential. *Animal Behaviour*, **58**, 307-319.
21. Fitch, W. T. 2005. The evolution of language: A Comparative Review. *Biology and Philosophy*, **20**, 193.
22. Fitch, W. T. & Kelley, J. P. 2000. Perception of vocal tract resonances by whooping cranes *Grus americana* doi:10.1046/j.1439-0310.2000.00572.x. *Ethology*, **106**, 559-574.
23. Fouts, R. 1997. But is it language? In: Next of kin. What chimpanzees have taught me about who we are. William Morrow & Co Inc, (Harper Paperbacks Eds.), pp. 100. New York.

24. Gautier, J. P., Cruickshank, A. J. & Chappuis, C. 1993. Vocal mimicry in wild African grey parrots (*Psittacus erithacus*). Proc. VIII Pan-Afr.Orn.Congr., 453-459.
25. Giret, N., Albert, A., Nagle, L., Kreutzer, M. & Bovet, D. Context related vocalisations in African grey parrots (*Psittacus erithacus*). Soumis à *Behavioural Processes*.
26. Gratier, M. 2007. Musicalité, style et appartenance dans l'interaction mère-bébé. In: M., Imberty. & M, Gratier. Temps, geste et musicalité.. Paris: L'Harmattan, 282p.
27. Haesler, S., Wada, K., Nshdejan, A., Morrisey, E., Lints, T., Jarvis, E. & Scharff, C. 2004. FoxP2 Expression in avian vocal learners and non-learners. *Journal of Neurosciences.*, **24**, 3164-3175.
28. Inoue, T., Hasegawa, T., Takara, S., Lukats, B., Mizuno, M. & Aou, S. 2008. Categorization of biologically significant objects, foods and genders, in rhesus monkeys. I. Behavioral study. *Neuroscience research*, **61**, 70-78.
29. Jarvis, E. 2004a. Brains and birdsong. (Marler, P. Slabberkoorn., H; Eds),. San Diego, California: Elsevier University Press. pp. 226-271
30. Jarvis, E. 2007. Neural systems for vocal learning in birds and humans: a synopsis. *Journal of Ornithology*, **148**, 35-44.
31. Jarvis, E. D. 2004b. Learned birdsong and the neurobiology of human language. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1016**, 749-777.
32. Kaminski, J., Call, J. & Fischer, J. 2004. Word learning in a domestic dog: Evidence for “fast mapping”. *Science*, **304**, 1682-1683.
33. Kroodsma, D. & Miller, E. 1996. Ecology and evolution of acoustic communication in birds. Ithaca, New York: Cornell University Press, 606p.
34. Lai, C., Fisher, S., Hurst, J., Vargha-Kadem, F. & Monaco, A. 2001. A forkhead-domain gene is mutated in a severe speech and language disorder. *Nature*, **413**, 519-523.
35. Madole, K., Oakes, L. & Cohen, L. 1993. Developmental changes in infants' attention to function and form-function correlations. *Cognitive Development*, **8**, 189-209.

36. Manser M, B. 2001. The acoustic structure of suricats' alarm calls varies with predator type and the level of response urgency. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **268**, 2315-2324.
37. Manser M, B., Seyfarth, R. & Cheney, D. 2002. Suricate alarm calls signal predator class and urgency. *Trends in Cognitive Sciences*, **6**, 55-57.
38. Markman, E. & Abelev, M. 2004. Word learning in dogs? *Trends in Cognitive Sciences*, **8**, 479-481.
39. Maynard Smith, J. & Harper, D. G. C. 2005. *Animal signals*. Oxford University Press. New York, 178p.
40. Pepperberg, I.M. 2004. "Insightful" string-pulling in Grey parrots (*Psittacus erithacus*) is affected by vocal competence. *Animal Cognition*, **7**, 263.
41. Pepperberg, I. M. 1990. Cognition in an African grey parrot (*Psittacus erithacus*): Further evidence for comprehension of categories and labels. *Journal of Comparative Psychology*, **104**, 41-52.
42. Pepperberg, I. M. 1994a. Numerical competence in an African grey parrot (*Psittacus erithacus*). *Journal of Comparative Psychology*, **108**, 36-44.
43. Pepperberg, I. M. 1994b. Vocal learning in Grey parrots (*Psittacus erithacus*): Effects of social interactions, reference and context. *The Auk*, **111**, 300-313.
44. Pepperberg, I. M. 1999. *The Alex studies: Cognitive and communicative abilities of Grey parrots*. Cambridge: MA: Harvard University Press, 446p.
45. Pepperberg, I. M. 2001. Avian cognitive abilities. *Bird Behaviour*, **14**, 51-70.
46. Pepperberg, I. M. 2005. Grey parrots do not always "parrot": roles of imitation and phonological awareness in the creation of new labels from existing vocalizations. *Proceedings of the third international symposium of imitation in animals and artefacts*, 97-104.
47. Pepperberg, I. M. 2006a. Cognitive and communicative abilities of Grey parrots. *Applied Animal Behaviour Science*, **100**, 77-86.

48. Pepperberg, I. M. 2006b. Grey parrot (*Psittacus erithacus*) Numerical abilities: Addition and further experiments on a zero-like concept. *Journal of Comparative Psychology*, **120**, 1-11.
49. Pepperberg, I. M. & Funk, M. S. 1990. Object permanence in four species of psittacine birds: An African Grey parrot (*Psittacus erithacus*), an huger mini macaw (*Ara maracana*), a parakeet (*Melopsittacus undulatus*), and a cockatiel (*Nymphicus hollandicus*). *Animal Learning & Behavior*, **18**, 97-108.
50. Pepperberg, I. M., Gardiner, L. I. & Luttrell, L. J. 1999. Limited contextual vocal learning in the Grey parrot (*Psittacus erithacus*): The effect of interactive co-viewers on videotaped Instruction. *Journal of Comparative Psychology*, **113**, 158-172.
51. Pepperberg, I. M. & Gordon, J. D. 2005. Number comprehension by a Grey parrot (*Psittacus erithacus*), Including a zero-like concept. *Journal of Comparative Psychology*, **119**, 197-209.
52. Pepperberg, I. M. & McLaughlin, M. A. 1996. Effect of avian-human joint attention on allospecific vocal learning by Grey parrots (*Psittacus erithacus*). *Journal of Comparative Psychology*, **110**, 286-297.
53. Pepperberg, I. M., Naughton, J. R. & Banta, P. A. 1998. Allospecific vocal learning by Grey parrots (*Psittacus erithacus*): A failure of videotaped instruction under certain conditions. *Behavioural Processes*, **42**, 139-158.
54. Pepperberg, I. M., Sandefer, R. M., Noel, D. A. & Ellsworth, C. P. 2000. Vocal learning in the Grey parrot (*Psittacus erithacus*): Effects of species identity and number of trainers. *Journal of Comparative Psychology*, **114**, 371-380.
55. Pepperberg, I. M. & Shive, H. R. 2001. Simultaneous development of vocal and physical object combinations by a Grey parrot (*Psittacus erithacus*): Bottle caps, lids, and labels. *Journal of Comparative Psychology*, **115**, 376-384.
56. Pepperberg, I. M. & Wilcox, S. E. 2000. Evidence for a form of mutual exclusivity during label acquisition by Grey parrots (*Psittacus erithacus*)? *Journal of Comparative Psychology*, **114**, 219-231.

57. Pepperberg, I. M. & Wilkes, S. R. 2004. Lack of referential vocal learning from LCD video by Grey parrots (*Psittacus erithacus*). *Interaction Studies*, **5**, 75 –97.
58. Pepperberg, I. M., Willner, M. R. & Gravitz, L. B. 1997. Development of piagetian object permanence in a Grey arrot (*Psittacus erithacus*). *Journal of Comparative Psychology*, **111**, 63-75.
59. Pinker, S. & Bloom, P. 1990. Natural language and natural selection. *Behavioral and Brain Sciences*, **13**, 707-784.
60. Poole, J. H., Tyack, P. L., Stoeger-Horwarth, A. S. & Stephanie, W. 2005. Elephants are capable of vocal learning. *Nature*, **434**, 455-456.
61. Premack, D. & Premack, A. 2003. Le bébé, le singe et l'Homme. Paris: Odile Jacob, 330p.
62. Raby, C. R., Alexis, D. M., Dickinson, A. & Clayton, N. S. 2007. Planning for the future by western scrub-jays. *Nature*, **445**, 919-921.
63. Richards, D., Wolz, J. & Herman, L. 1984. Vocal mimicry of computer-generated sounds and vocal labelling of objects by a bottlenosed dolphin, *Tursiops truncatus*. *Journal of Comparative Psychology*, **98**, 10-28.
64. Savage-Rumbaugh, E. & Lewin, R. 1994. Kanzi: the ape at the brink of the human mind: John Wiley & sons., New York, 299p.
65. Savage-Rumbaugh, E., Rumbaugh, D., Smith, S. & Lawson, J. 1980. Reference: the linguistic essential. *Science*, **210**, 4472, 922-925.
66. Slobodchikoff, C., Kirinzis, J., Fischer, C. & Creef, E. 1991. Semantic information distinguishing individual predators in the alarm calls of Gunnison's prairie dogs. *Animal Behaviour*, **42**, 713-719.
67. Spinozzi, G. 1996. Categorization in monkeys and chimpanzees. *Behavioral Brain Research*, **74**, 17-24.
68. Stach, S. & Giurfa, M. 2001. How honeybees generalize visual pattern to their mirror image and left-right transformation. *Animal Behaviour*, **62**, 981-991.

69. Striedter, G. F. 1994. The vocal control pathways in budgerigars differ from those in songbirds. *The Journal of Comparative Neurology*, **343**, 35-56.
70. Templeton, C. N., Greene, E. & Davis, K. 2005. Allometry of alarm calls: Black-Capped chickadees encode information about predator size. *Science*, **308**, 1934-1937.
71. Tomasello, M. & Call, J. 1997. Primate cognition. New York: Oxford University Press, 528p.
72. Träuble, B. & Pauen, S. 2007. The role of functional information for infant categorization. *Cognition*, **105**, 362-379.
73. Triana, E. & Pasnak, R. 1981. Object permanence in cats and dogs. *Animal Learning & Behavior*, **9**, 135-139.
74. Vauclair, J. 1995. L'intelligence de l'animal. Paris: Seuil, 217p.
75. Vauclair, J. 2004. Développement du jeune enfant. Motricité, perception, cognition. Paris: Bellin, 256p.
76. Vygotsky, L. 1985. Pensée et langage. Paris: Editions sociales, 536p.
77. Warren, D. K., Patterson, D. K. & Pepperberg, I. M. 1996. Mechanisms of American English vowel production in a Grey parrot (*Psittacus erithacus*). *The Auk*, **113**, 41-58.
78. Zuberbühler, K., Noe, R. & Seyfarth, R. 1997. Diana monkey long-distance calls: messages for conspecifics and predators. *Animal Behaviour*, **53**, 589-604.

Annexe

Liste des abréviations des structures cérébrales

| | | | |
|--------|---|--------|---|
| A | Arcopallium | M | Mésopallium |
| AAC | Noyau central de l'arcopallium antérieur | MAN | Noyau magnocellulaire du nidopallium antérieur |
| AACd | Noyau central de l'arcopallium antérieur, partie dorsale | MLd | Noyau dorso-latéral mésencéphalique |
| AACv | Noyau central de l'arcopallium antérieur, partie ventrale | MMAN | Noyau magnocellulaire medial du nidopallium antérieur |
| Ai | Arcopallium intermédiaire | MMSt | Noyau magnocellulaire du striatum antérieur |
| ACM | Arcopallium medial caudal | MO | Noyau oval du mésopallium |
| aCC | Cortex cingulaire antérieur | N | Nidopallium |
| aINS | Cortex insulaire antérieur | NAO | Noyau oval du nidopallium antérieur |
| Am | Noyau ambigu | NCM | Nidopallium médial caudal |
| aT | Thalamus antérieur | NDC | Nidopallium dorso-caudal |
| aSMA | Aire motrice supplémentaire antérieure | NIDL | Nidopallium dorso-latéral intermédiaire |
| aSt | Striatum antérieur | NIf | Noyau interfacial du nidopallium |
| Area X | Aire X du striatum | NLC | Noyau central du nidopallium lateral |
| Av | Avalanche | nXIIts | Subdivision trachéosyringée du 12ème noyau |
| CM | Mésopallium caudal | Ov | Noyau ovidalis |
| CSt | Striatum caudal | PAG | Gris périaqueducale |
| DLM | Noyau median du thalamus dorsolatéral | St | Striatum |
| DM | Noyau medial dorsal du tronc cérébral | RA | Noyau robuste de l'arcopallium |
| DMM | Noyau magnocellulaire du thalamus dorsomédial | VA | Noyau vocal de l'arcopallium |
| DLPFC | Cortex préfrontal latéral dorsal | VAM | Noyau vocal du mésopallium antérieur |
| FMC | Cortex moteur facial | VAN | Noyau vocal du nidopallium antérieur |
| HVC | Centre vocal majeur | VASt | Noyau vocal du striatum antérieur |
| L2 | Champ L2 | VLN | Noyau vocal du nidopallium latéral |
| LAN | Noyau latéral du nidopallium antérieur | VMM | Noyau vocal du mésopallium médial |
| LAM | Noyau latéral du mésopallium antérieur | VMN | Noyau vocal du nidopallium médial |
| LMAN | Noyau magnocellulaire du nidopallium antérieur | | |

Apprentissage référentiel de mots chez des perroquets gris du Gabon (*Psittacus erithacus*) : approche expérimentale

PERON Franck

Résumé

Quatre méthodes, pour l'apprentissage référentiel de mots humains, ont été testées chez deux perroquets gris du Gabon :

-La méthode « Modèle/Rival », employée par Pepperberg avec Alex notamment.

-La méthode « Intuitive », durant laquelle expérimentateur et perroquet interagissent avec l'item pendant que le nom de cet item est prononcé.

-La méthode « Répétition/Association » où durant la première phase l'expérimentateur prononce le nom d'un item qui n'est pas visible. Puis, quand l'animal imite le mot, il reçoit l'item nommé.

-La méthode « Diffusion » où un enregistrement audio, dans lequel des mots sont prononcés, est diffusé dans une première phase. Quand l'oiseau imite le mot, il reçoit l'item correspondant.

Il semble que la méthode « Répétition/Association » soit la plus efficace, néanmoins de grandes variations interindividuelles sont observées. Les perroquets ont catégorisé spontanément certains items (aliment/objet) en employant des mots différents pour chacune des catégories.

Mots clés

RELATION HOMME ANIMAL/ COMMUNICATION ANIMALE/ COGNITION/ METHODE D APPRENTISSAGE/ APPROCHE EXPERIMENTALE/ OISEAU/ PERROQUET/ PERROQUET GRIS DU GABON/ *PSITTACUS ERITHACUS*

Jury

Président: Pr.

Directeur: Pr. B. DEPUTTE

Assesseur: Dr. P. ARNE

Invités: Dr. D. BOVET

Dr. L. NAGLE

354 rue Robert Lecocq

80000 Amiens

Experimental approach for referential learning of French words in African grey parrots (*Psittacus erithacus*)

PERON Franck

Summary

Four methods for referential learning of French words have been tested on two African grey parrots.

-“Model/Rival” method was successfully used Pepperberg with Alex.

-“Intuitive” method in which humans and parrots interact with an item while the name of the item is pronounced.

-“Repetition/Association” method. First the experimenter pronounces the name of an item. Then, when the bird starts to imitate the word, he is given the corresponding item.

-“Diffusion” method. Recordings of words are broadcasted and when the parrot pronounces the label he receives the item.

“Repetition/Association” method seems to be the most efficient one but with great interindividual variability. Our parrots spontaneously categorized some items (food/object) using different human words for each category.

Keywords

HUMAN ANIMAL RELATION/ ANIMAL COMMUNICATION/ COGNITION/ LEARNING METHOD/ EXPERIMENTAL APPROACH/ BIRD/ PARROT/ AFRICAN GREY PARROT/ PSITTACUS ERITHACUS

Jury

President: Pr.

Director Pr. B. DEPUTTE

Assessor: Dr. P. ARNE

Guest: Dr. D. BOVET

Dr. L. NAGLE

354 rue Robert Lecocq
80000 Amiens