



**HAL**  
open science

## **Penser sans langage: approche expérimentale chez le babouin.**

Joël Fagot

► **To cite this version:**

Joël Fagot. Penser sans langage: approche expérimentale chez le babouin.. Langue et Science, langage et pensée (J.N Robert, Ed.). Odile Jacob. pp 189-209., 2020. hal-02986144

**HAL Id: hal-02986144**

**<https://hal.science/hal-02986144>**

Submitted on 5 Nov 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Penser dans langage : Approche expérimentale chez le babouin

Fagot Joël

CNRS, Aix-Marseille Université, Laboratoire de Psychologie Cognitive, Marseille

## Résumé

La recherche sur l'animal est une voie privilégiée pour aborder la question des relations entre pensée et langage. Le primate non-humain, qui n'a pas notre langage, présente une multitude de comportements dont la complexité laisse supposer l'existence d'une cognition de haut niveau, mais qu'en est-il réellement ? Dans ce chapitre, je présente une série de recherches de Psychologie Cognitive destinées à comprendre les capacités de perception, d'attention, de mémoire à court et à long terme, ainsi que les aptitudes au raisonnement abstrait du babouin de Guinée (*Papio papio*). Cet ensemble de données illustre à la fois les limites et les potentialités des systèmes cognitifs sans langage.

## Introduction

Dans le règne animal, l'espèce humaine est sans nul doute celle qui présente la forme d'intelligence la plus élaborée. L'intelligence humaine nous permet des comportements d'une sophistication extrême. L'humain est par exemple capable d'imaginer, de construire et d'utiliser les outils technologiques particulièrement complexes. Il peut développer des langages mathématiques ou encore philosopher sur le sens de la vie. Toutes ces compétences sont clairement inaccessibles aux autres espèces. Mais l'humain a également une autre propriété qui le distingue des autres espèces du règne animal, car c'est la seule espèce vivante dotée du langage. Les animaux communiquent de différentes manières, mais la communication humaine via le langage est d'une souplesse et d'une complexité structurelle que l'on ne retrouve pas dans les systèmes de communication des autres animaux.

Comme l'espèce présentant les comportements les plus sophistiqués est aussi la seule espèce dotée du langage, l'approche comparative peut être une source d'information importante pour l'étude de la contribution du langage aux phénomènes cognitifs. En effet,

l'étude comparative peut apporter au moins deux types d'informations aux chercheurs qui s'intéressent aux rapports entre pensée et langage. Cette approche permet tout d'abord d'identifier les mécanismes cognitifs pour lesquels le langage n'est pas indispensable : il s'agit des phénomènes cognitifs qui sont présents chez l'animal en absence de langage. Dans une autre perspective, l'identification de différences cognitives entre l'humain (avec le langage) et les autres espèces animales (sans langage) peut aider les chercheurs à élaborer des hypothèses précises sur la contribution du langage à l'expression des fonctions cognitives.

Dans la suite de ce chapitre, je présenterai une série de recherches destinées à tester les capacités de perception et d'attention, de mémoire, et de raisonnement abstrait chez des babouins de Guinée, pour les comparer à celles de sujets humains. L'objectif ultime de nos recherches est d'identifier les sources de différences cognitives entre espèces. Cette présentation servira de support à une réflexion – que je proposerai en conclusion - sur la contribution du langage aux fonctions cognitives.

## Perception

Dans le domaine des Sciences Cognitives, les chercheurs adhèrent généralement à l'idée selon laquelle la cognition résulte d'un traitement séquentiel et hiérarchisé de l'information. Cette chaîne de traitement prend l'information fournie par les organes des sens en élément d'entrée. Cette information perçue par nos sens est ensuite sélectionnée par des filtres attentionnels pour être ultérieurement traitée par mécanismes cognitifs de plus haut niveau. Cette vision hiérarchiquement organisée des systèmes cognitifs nous amène à considérer que de faibles variations dans les mécanismes perceptifs – entre individus d'espèces différentes, et notamment entre l'humain et le primate non-humain - peuvent avoir de nombreuses conséquences en cascade dans cette chaîne de traitement, et être à l'origine de différences cognitives importantes entre les espèces considérées.

Il existe plus de 250 espèces de primates non humains dont les organes perceptifs peuvent avoir des sensibilités très différentes d'une espèce à l'autre. Par exemple certaines espèces de prosimiens comme le microcèbe (*Microcebus murinus*) perçoivent les ultrasons inaudibles pour la plupart des autres espèces de primates. Dans le domaine visuel, certains primates comme les Hapalémur (*Hapalemur simus*) ou les Galagos (*Galago senegalensis*) sont uniquement mono- ou dichromates, et ne perçoivent pas ou peu les couleurs, alors que d'autres primates non-humains ont une vision trichromatique leur offrant une sensibilité aux couleurs proche de l'humain. Les babouins de Guinée (*Papio papio*) que nous utilisons dans

notre laboratoire appartiennent à la famille des cercopithecidés (Napier & Napier, 1967). Ce groupe de primates présente l'avantage d'avoir des organes des sens fonctionnellement très similaires à ceux de l'espèce humaine. A titre d'exemple, les macaques rhésus (*Macaca mulatta*) qui appartiennent à la famille des cercopithecidés semblent avoir la même acuité visuelle et la même sensibilité aux contrastes visuels que les sujets humains (De Valois & De Valois, 1990). Il en va de même pour la perception des couleurs, puisque les singes cercopithecoidea sont des animaux trichromates dotés des trois types de cellules rétinienne « S », « M » et « L » permettant une perception des couleurs similaire à celle l'humain. Ainsi, tout laisse penser que les différences cognitives entre l'humain et le babouin que nous décrirons dans la suite de ce chapitre sont davantage liées à la façon de traiter l'information perçue, qu'à des différences fonctionnelles dans la capacité à saisir cette information par les organes des sens.

### Mécanismes attentionnels

Les mécanismes attentionnels interviennent très précocement dans la chaîne de traitement de l'information, afin de focaliser les sujets sur les traits les plus pertinents de l'information perçue. Dans le laboratoire, nous nous sommes intéressés aux mécanismes attentionnels par l'étude d'un phénomène cognitif particulièrement bien connu chez l'humain : l'effet dit de « précedence globale ». L'expérience princeps dans le domaine a été réalisée par Navon (1977). Dans cette étude, Navon présentait à des humains des stimuli formés de grandes lettres (niveau global), elles-mêmes constituées de plus petites lettres (niveau local). La tâche consistait alors à identifier la lettre globale dans certains essais, ou pour d'autres essais, la lettre représentée au niveau plus local. Le recours à ces stimuli a révélé deux effets principaux qui ont été répliqués de très nombreuses fois dans la littérature. D'une part, les temps d'identification des lettres sont plus rapides pour la forme globale que pour la forme locale des stimuli. D'autre part, les sujets présentent davantage de difficultés à ignorer la structure globale des formes que la structure locale. Ces deux résultats signent un traitement prioritaire de l'information fournie par le stimulus au niveau global.

Notre première approche de cette question date de 1997 (Fagot et Deruelle, 1997). Dans le contexte d'une tâche d'appariement à un modèle, des babouins et des humains voyaient un premier stimulus à l'écran qui avait une structure hiérarchique à deux niveaux, avec un niveau local et un niveau global. Après cette première présentation, nous lui présentions deux autres stimuli dont l'un partageait un niveau (globale ou locale) avec le

stimulus modèle. La Figure 1 illustre les types de configurations de stimuli utilisées dans cette recherche pour les essais globaux et locaux, ainsi que les résultats obtenus. En accord avec la théorie de la précédenance globale de Navon (1977) les sujets humains étaient bien plus performants pour dans les situations d'appariement « global ». A l'inverse, les babouins avaient de bien meilleures performances dans les essais locaux que dans les essais globaux, suggérant un traitement prioritaire de l'information locale, et non globale, chez ces animaux.

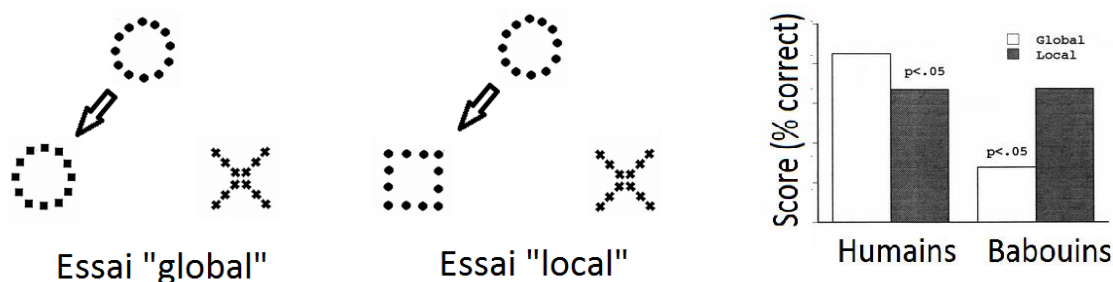


Figure 1 : Illustration des formes utilisées chez l'humain et le babouin dans les essais globaux et locaux (Fagot & Deruelle, 1997). Dans les essais "globaux" (à gauche), l'appariement du modèle avec le stimulus positif impliquait une prise en compte des informations globales. A l'inverse, le singe devrait appairer ces formes sur la base de leurs éléments locaux dans les essais dits "locaux" (au centre de la Figure). Les résultats (à droite) montrent que les humains ont une meilleure performance d'appariement dans les essais « globaux », alors que les babouins présentent de meilleurs scores pour les essais locaux, ce qui suggère qu'il existe des différences entre espèces dans l'attention portée à ce genre de stimuli.

Plusieurs de nos travaux ont répliqué ces résultats chez le babouin, avec des stimuli et des protocoles différents (e.g., Deruelle & Fagot, 1998), et cet effet a été également confirmé par l'étude d'autres espèces de primates non-humains (e.g., chez le singe capucin, Lillo et al., 2005 ; Spinozzi et al., 2005, 2006). L'explication de ces résultats réside dans une plus grande sensibilité des primates non-humains aux distances qui séparent les éléments locaux (Fagot & Tomonaga, 1999). Fortement sensibles à cette distance, le babouin développe un mode de traitement attentionnel qui le focalise sur les éléments locaux. A l'inverse, l'humain semble grouper bien plus aisément les éléments locaux en une forme globale, ce qui lui permet d'appairer sans difficultés les stimuli en considérant leur forme globale.

Nous avons fait l'hypothèse que ces différences peuvent en partie s'expliquer par des effets culturels. Les sujets humains testés dans nos études sont typiquement des étudiants (Anglais ou Français). Dans nos cultures occidentales, nous apprenons très tôt, par exemple, à relier une série de points sur des cahiers de coloriage pour dessiner un objet. Les enfants apprennent également à lire, ce qui implique le groupement de formes locales (les lettres) en un stimulus plus global (le mot). Tous ces apprentissages précoces peuvent biaiser l'expérience perceptive et attentionnelle des sujets vers un traitement prioritaire de l'information globale. Cette hypothèse est notamment confirmée par l'étude de cultures très éloignées du monde occidental. La population traditionnelle de Himba de Namibie ne dispose d'aucun système de lecture. En collaboration avec le groupe de Jules Davidoff, de l'Université de Goldsmith à Londres, nous avons comparé le traitement de stimuli hiérarchiques chez des Himba traditionnels, isolés du monde occidental, et chez des sujets anglais. La comparaison de ces deux populations révèle des différences culturelles dans les modes de traitement : les Himbas expriment une plus forte propension à traiter prioritairement l'information locale que les sujets occidentaux (Davidoff, Fonteneau & Fagot, 2008). Toutes ces études démontrent l'existence de variations dans l'attention portée sur les éléments locaux et globaux de formes visuelles. Ces différences s'observent entre espèces, mais également entre cultures différentes.

## Mémoire de travail

La mémoire de travail est un type de mémoire qui permet de stocker temporairement de l'information et de la manipuler mentalement. Ce type de mémoire est une composante centrale de l'architecture cognitive, et il est donc intéressant d'en comparer les propriétés chez l'humain et les autres primates. Pour étudier comparativement les capacités de stockage en mémoire de travail, nous avons proposé le test de Corsi à des babouins et des sujets humains (Fagot & de Lillo, 2011). Lors de ce test, le participant est face à un écran sur lequel il peut voir une série de carrés blancs qui vont s'illuminer les uns après les autres. Le but est de retenir l'ordre dans lequel les carrés sont apparus. Tous les carrés s'affichent simultanément à l'écran sur la fin de l'essai, et le participant doit ensuite retoucher les carrés dans leur ordre d'apparition initial. La Figure 2 illustre les résultats des babouins et des sujets humains. S'agissant des humains, les données montrent une très bonne capacité à se souvenir de l'ordre des stimuli sur des séquences allant de 3 à 6 items (notre test n'utilisait pas de séquences plus longues), avec des performances très largement au-delà de la chance pour ces trois longueurs

de séquences. Les babouins ont des capacités bien plus limitées, puisqu'ils ne sont au-dessus de la chance que pour des séquences de 3 et 4 items, mais pas au-delà. La mémoire de travail est une sorte de « buffer » permettant un stockage temporaire d'une information destinée à alimenter d'autres systèmes cognitifs, dans les phases ultérieures de la chaîne de traitement de l'information. Nous pouvons donc faire l'hypothèse que ces différences dans les capacités de stockage expliquent au moins en partie pourquoi les deux espèces diffèrent quant à la puissance de leurs capacités cognitives.

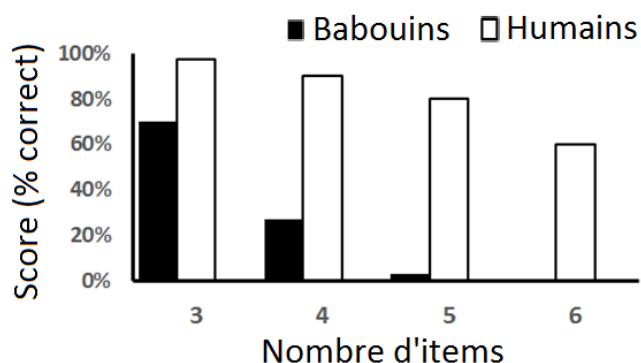


Figure 2. Score des babouins et des humains au test de Corsi, pour chaque longueur de séquence.

La capacité de rétention n'est qu'un aspect de la mémoire de travail, et nous nous sommes également intéressés à la façon de traiter l'information en mémoire de travail. Nos recherches dans ce domaine utilisent généralement un protocole appelé « Serial Response Time » (SRT). Cette tâche consiste à suivre du doigt un point qui se déplace sur un écran d'ordinateur selon des séquences particulières que les singes (ou les humains) peuvent apprendre par la répétition. Nous nous intéressons dans ce cas aux variations des temps de réponse mesurés pour chaque point de la séquence, en faisant l'hypothèse que les sujets vont progressivement anticiper l'apparition de chaque point, et que cette anticipation sera associée à une réduction progressive des temps de réponse au cours de l'apprentissage des séquences. L'analyse comparative des temps de réponse sur chaque point permet de comprendre comment ces séquences sont codées par chaque sujet, et par chaque espèce.

Dans une première série d'expériences utilisant le protocole « SRT », nous avons testés comparativement des babouins et des sujets humains avec des séquences de trois points différents que nous coderons ABC (Minier, Fagot & Rey 2015 ; Rey et al., 2018). Ce type de séquences de trois points comporte donc deux transitions, la transition entre les deux premiers points de la séquence, soit entre A et B, et la transition entre le second et troisième point,

c'est-à-dire entre B et C. En confrontant nos sujets à ces séquences, nous avons observé une réduction progressive des temps de réponse pour chaque transition, ce qui révèle que les sujets ont appris les séquences au fur et à mesure des répétitions. Cependant, l'analyse des résultats a également révélé que l'apprentissage de la transition BC est plus précoce que l'apprentissage de la transition AB. Cet effet s'explique par le fait que l'apprentissage de cette seconde transition bénéficie du contexte fourni par la première transition AC. Les deux espèces font donc preuve d'intégration de l'information en mémoire de travail, et utilisent les premiers points des séquences pour prédire l'apparition des points suivants (voir également Malassis, Rey & Fagot, 2018). Cet effet apparaît de manière identique pour les babouins et les humains, ce qui nous montre que leur mode de traitement de cet aspect des séquences est partagé par les deux espèces.

Toutefois, nous avons pu observer des différences de traitement entre les humains et les babouins en utilisant des séquences plus longues, constituées de 9 points. Dans cette expérience, nous avons organisé les séquences en trois triplets de trois points différents (Rey et al., 2018). Seul l'ordre des triplets variait d'une séquence à l'autre car chaque triplet pouvait apparaître avec une équiprobabilité en première, seconde ou troisième position dans la séquence. L'ordre et l'identité des points au sein de chaque triplet restait constant d'une séquence à l'autre.

Avec ce plan expérimental, l'évolution des temps de réponse pour le premier point du dernier triplet de la séquence peut nous renseigner sur le mode de traitement de ces séquences longues en mémoire de travail. En effet, si le sujet est capable d'apprendre que les séquences sont organisées en une série de trois triplets, alors il devrait être en mesure de prédire quel point va apparaître en position 7 dans la séquence, et anticiper sa réponse à ce point, sachant qu'il s'agit nécessairement du premier point du triplet non encore présenté. Dans ce cas, les temps de réponse à ce point devraient donc progressivement se réduire au cours des sessions d'apprentissage. Nos résultats ont effectivement montré un effet d'anticipation des réponses au point 7 chez les humains, ce qui démontre que les humains sont en capacité d'identifier et de mémoriser en mémoire de travail l'apparition des deux premiers triplets, pour en inférer le triplet restant. Ils sont donc en mesure de se représenter le fait que les séquences sont organisées en trois triplets d'ordre variable. Cette représentation semble inaccessible aux babouins, car leurs temps de réponse au point 7 restent relativement stables au fil de l'apprentissage. Cette étude montre donc une limite des capacités en mémoire de travail du babouin. Comme l'humain, ces animaux peuvent apprendre l'organisation interne



de chaque triplet. Mais contrairement à l'humain, ils ne semblent incapables d'accéder à une représentation de l'organisation des triplets dans les séquences de 9 points.

## Mémoire à long-terme

Par analogie aux ordinateurs, nous pouvons considérer que la mémoire à long-terme est une sorte de disque dur permettant un stockage de l'information mémorisée sur de très longues périodes. Ainsi, nous recrutons notre mémoire à long-terme lorsque nous devons nous rappeler du nom et du numéro des départements français, ou encore la forme du cloché de notre village d'enfance, car ces informations sont stockées de manière quasi-permanente dans notre système de mémoire. Il semble important d'étudier les capacités de stockage de cette mémoire long-terme dans une perspective comparative, pour vérifier si ce type de mémoire peut être une des sources de différences cognitives entre espèces.

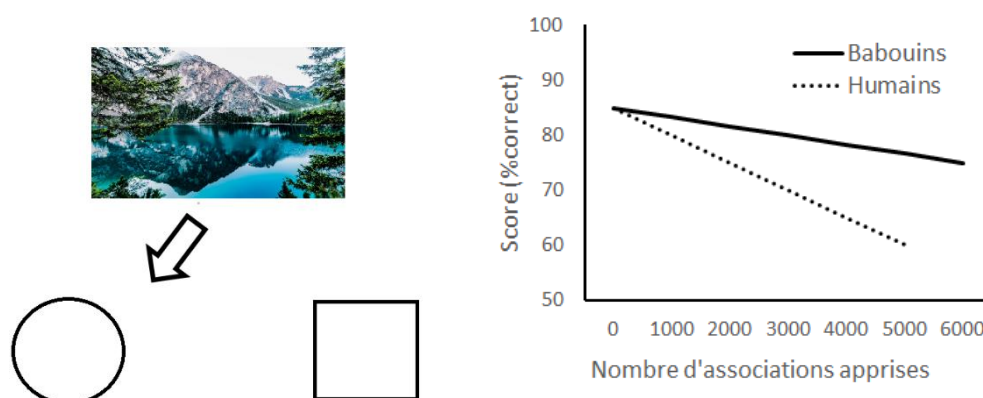


Figure 2. Mémoire à long terme du babouin et de l'Humain. La figure de gauche illustre la tâche utilisée par Fagot & Cook (2006). Les singes devaient mémoriser une série d'associations arbitraires entre des images affichées sur un écran d'ordinateur et un stimulus de réponse parmi deux possibles. La figure de droite montre les performances de rappel (% de réponses correctes) en fonction du nombre d'images apprises chez le babouin, ainsi que chez un humain testé dans des conditions similaires au babouin (Voss, 2009).

Plusieurs études laissent penser que les primates non-humains peuvent avoir des capacités de mémorisation à long-terme impressionnantes. Ainsi, Ringo et Doty (1985) ont montré que les macaques peuvent se souvenir d'images qui ont été présentées très brièvement six mois avant le test de rappel. Dans une autre étude, Gower (1990) a découvert que les

macaques reconnaissent des images comme étant familières 20 mois après les avoir vues pour la première fois. En collaboration avec mon collègue Robert Cook de l'Université de Tufts aux USA, j'ai réalisé une étude destinée à tester les limites des capacités de mémorisation à long-terme chez deux babouins (Fagot & Cook, 2006). Les sujets de cette étude ont été testés dans la tâche d'appariement à un modèle décrite sur la Figure 3. A chaque essai, les babouins voyaient une image qui s'affiche sur l'écran d'ordinateur. Ils devaient par la suite choisir, parmi deux formes géométriques possibles (un rond ou un carré), celle qui a été associée par apprentissage à l'image modèle. Deux aspects importants de cette expérience sont à noter. D'une part, le stimulus de réponse qu'il fallait associer à chaque image était choisi de manière aléatoire préalablement à l'expérience. Il n'y avait donc aucun principe d'organisation liant l'image à sa réponse, ce qui impliquait un apprentissage par cœur des associations stimulus-réponse. D'autre part, nous avons progressivement augmenté pendant plus de trois ans et demi le nombre d'associations que les singes devaient apprendre, afin de tester les limites de leurs capacités de mémorisation, et de vérifier si on observe un déclin dans les performances de rappel avec l'augmentation du nombre d'associations apprises.

Les données obtenues dans cette étude sont illustrées sur la Figure 2. Les singes ont été capables de mémoriser près de 6000 associations arbitraires entre des images et les formes géométriques. De plus, leurs performances restaient proches de 75% de réponses correctes en moyenne quand on présentait au hasard une image parmi les 6000 apprises à l'issue de l'expérience, ce qui démontre qu'ils sont encore loin d'avoir atteint les limites de leurs capacités de mémorisation.

En découvrant notre étude, Joël Voss, un chercheur de l'université de d'Illinois à Urbana-Champaign (USA) a souhaité se tester dans la même tâche pour obtenir des données comparatives entre l'humain et le babouin (Voss, 2009). Ses résultats sont reproduits sur la Figure 3 pour pouvoir les comparer avec ceux des babouins. Ils démontrent une performance de mémorisation légèrement inférieure à celle du babouin, mais qui reste néanmoins de l'ordre de 5000 images apprises. L'auteur interprète ses différences de performance entre les espèces par les stratégies cognitives développées dans cette tâche. Il remarque qu'il était incapable d'inhiber un encodage sémantique (et probablement verbal) de chaque image apprise, ce qui interférait dans la mémorisation de ces associations arbitraires. Nous pouvons faire l'hypothèse que les babouins sont moins sujets à cette interférence sémantique, et ils n'ont naturellement aucun encodage verbal des images. Compte tenu de ces différences dans les stratégies d'encodage, la prudence nous amène à conclure que ces espèces ont des

capacités de mémorisation très similaires (voir Fagot et Cook, 2006 et Voss, 2009 pour d'autres données convergentes), avec des capacités de stockage leur permettant de mémoriser les milliers d'associations stimulus-réponse.

## Catégorisation et capacités de raisonnement abstrait

L'aptitude à catégoriser est une des propriétés fondamentales de la cognition humaine. Le fait de catégoriser consiste à regrouper des entités en fonction de leurs propriétés communes. Historiquement, Herrnstein et Loveland (1964) ont été les premiers à révéler des capacités de catégorisation chez l'animal. Ces auteurs ont démontré que des pigeons peuvent apprendre à picorer les photographies (nouvelles ou non) qui comportent des humains, et s'abstenir de picorer les photographies qui ne représentent aucun humain. De très nombreux travaux sur les pigeons, le chien, et de nombreuses espèces de primates, ont confirmé que la capacité à catégoriser de l'information est très largement distribuée dans le règne animal. Toutefois, des débats persistent sur la nature de l'information que l'animal non-humain peut prendre en compte pour la catégorisation, et notamment dans quelle mesure il est capable de catégoriser des stimuli sur une base conceptuelle. La catégorisation peut s'appliquer à un large éventail de dimensions, des plus concrètes aux plus abstraites, et il semble donc intéressant de comparer les traitements cognitifs appliqués par les humains et les autres espèces animales dans des tâches de catégorisation similaires.

J'ai conduit une série de travaux sur le babouin (Wasserman, Young & Fagot, 2001) qui complètent un ensemble de travaux sur l'humain et le pigeon qui ont été réalisés à l'Université d'Iowa par E. Wasserman et collaborateurs (Wasserman, Young et Cook, 2004). Nos travaux comparatifs dans ce domaine ont fait appel aux stimuli représentés sur la Figure 3. Il s'agissait de tableaux d'icônes qui pouvaient soit être toutes identiques ou toutes différentes, et les singes devaient apprendre à associer les tableaux composés d'icônes identiques à une première réponse (choix d'une forme à l'écran) et les tableaux formés d'icônes différentes à une autre réponse (choix d'une autre forme). Dans la phase de test, nous avons exposés les babouins à de nouveaux tableaux d'icônes qui comportait une proportion variable de formes identiques ou différentes. Le tableau qu'il fallait catégoriser pouvait donc, par exemple, comporter 8 icônes identiques et 8 autres différentes (voir la Figure 3) et le sujet devait exprimer un jugement de similarité ou de différence sur ce type de tableaux plus ou moins hétérogène.

Avant de présenter les résultats de cette étude, il paraît utile de préciser que les tableaux d'icônes peuvent être décrits de deux manières différentes. La première consiste à considérer comme « différent » tout tableau pour lequel une icône au moins diffère des autres. Il s'agit donc d'une stratégie qui repose sur la détection d'une moindre différence. Une autre stratégie consiste à s'intéresser à l'entropie des tableaux d'icônes, c'est-à-dire à leur hétérogénéité perceptive globale. Ce type de traitement par entropie amènerait à considérer qu'un tableau composé de 2 icônes identiques et 14 autres toutes différentes serait donc plus « différent » (puisqu'il a une plus forte entropie) qu'un tableau composé de 6 icônes identiques complétées de 6 autres icônes toutes différentes.

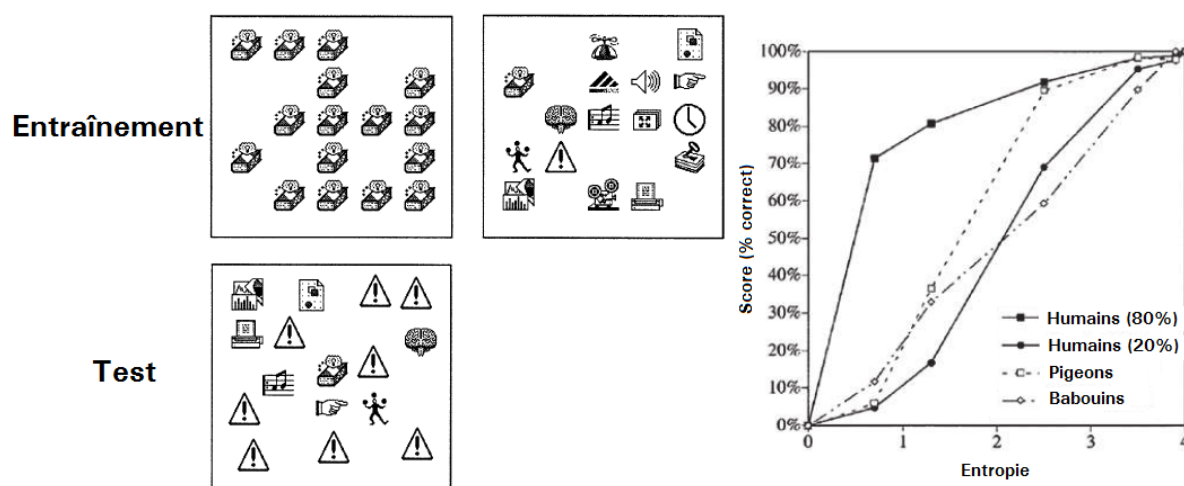


Figure 3. Relation d'identité ou de différence chez l'humain, le babouin et le pigeon. Dans ces études (Wasserman et al., 2001 ; 2004), les sujets devaient dans un premier temps apprendre à catégoriser des tableaux d'icônes composés d'éléments tous identiques (relation d'identité) ou tous différents (relation de différence, figure de gauche). Plusieurs types de mixtures étaient présentées lors du test, en faisant varier le nombre d'items identiques ou différents au sein de chaque tableau. Les pigeons, les babouins et une petite proportion d'humains (20%) donnaient des réponses qui dépendaient fortement de l'entropie des tableaux d'icônes (figure de droite). Le reste des sujets humains (80%) catégorisaient tous les stimuli comportant au moins un élément différent des autres dans la classe « différent ». Ces humains semblent donc davantage sensibles à la relation abstraite d'identité ou de différence, que les autres sujets de cette étude.

La Figure 3 révèle que la totalité des pigeons et des babouins, mais seulement 20% des sujets humains, ont montré une forte sensibilité à l'entropie des stimuli dans cette tâche. Ces sujets traitent donc prioritairement ces tableaux d'icônes en considérant leur variabilité perceptive que nous pouvons mesurer par les valeurs d'entropie. Cette stratégie d'encodage de l'entropie les amène à classer dans la catégorie « identique » les tableaux d'icônes qui comportent, par exemple, seulement une ou deux icônes différentes parmi les 16. Ce mode de traitement de la tâche est partagé entre les trois espèces, puisqu'il s'observe aussi bien chez l'humain que chez le babouin et le pigeon. Mais les humains peuvent aussi adopter une stratégie d'encodage de la tâche qui leur est particulière. En effet, les humains qui ont été les moins sensibles à l'entropie, soit 80% de la population testée, classent dans la catégorie « identique » uniquement les tableaux constitués par la répétition d'une seule icône, ceux qui ont une entropie égale à 0. La classe des stimuli « identiques » est donc définie de manière plus restrictive que pour les pigeons et les babouins, ce qui laisse penser que ces sujets humains se réfèrent au concept abstrait d'identité ou de différence pour résoudre cette tâche.

Doit-on pour autant en conclure que les babouins n'ont pas accès à des représentations abstraites d'identité ou de différence ? Plusieurs de nos travaux permettent de répondre par la négative à cette question. Avec le Dr. R. Thompson de l'Université de Lancaster, j'ai par exemple testé nos babouins dans la tâche « d'appariement relationnel » qui est représentée sur la Figure 4 (Fagot & Thompson, 2011). Cette tâche particulièrement complexe pour le singe se déroule en deux temps. Au début de chaque essai, le singe perçoit une paire de stimuli (la paire « modèle ») qui est composée de deux formes identiques ou différentes. Nous lui présentons immédiatement après deux autres paires d'objets, dont l'une représente la même relation abstraite d'identité ou de différence que la paire initiale. Pour être récompensé, le singe doit appairer les paires en fonction de leurs relations, et donc choisir la paire qui représente la même relation abstraite que la paire « modèle ».

Soulignons ici un aspect critique de cette tâche : Durant l'entraînement, les objets visuels qui composaient les deux paires proposées finales n'avaient aucun élément en commun avec la paire modèle. Ainsi, si le modèle était de type AB (relation de différence), alors les choix proposés étaient de type CD (relation de différence) et EE (identité), et le singe doit choisir la paire CD. Si le modèle était de type AA (relation d'identité), les choix possibles étaient de type BB et CD, et le singe devait choisir la paire BB. Avec cette configuration de stimuli, le sujet n'avait donc pas d'autre solution possible que de traiter les relations abstraites exprimées par chaque paire, et de les comparer, pour trouver la bonne réponse. Cette tâche

l'obligeait donc à traiter des relations entre relations (dites relations de second ordre). Les travaux sur le développement de l'enfant ont montré que la tâche d'appariement relationnelle est accessible aux enfants à partir de l'âge de 4 ans (Christie & Gentner, 2014). L'étude Fagot & Thompson (2011) qui nous intéresse ici a proposé plusieurs conditions expérimentales après l'entraînement, dont celle illustrée sur la Figure 4. Dans cette situation de test, nous avons pu montrer que les babouins continuent à appairer correctement les paires d'objets sur la base de leurs relations, même dans les situations (appelées « cross-mapping ») où la paire à éviter partageait une forme visuelle avec la paire modèle.

Ce travail donne donc un éclairage nouveau aux résultats obtenus précédemment avec les tableaux d'icônes : Lorsque la situation le lui permet, le singe semble traiter prioritairement les informations « bas » niveau dans la tâche (l'entropie dans ce cas) au détriment des informations plus relationnelles. Ce biais de traitement existe aussi chez les humains, mais il ne s'exprime que chez 20% des sujets testés. Toutefois, les babouins peuvent aussi traiter la tâche de manière plus relationnelle lorsque la situation l'impose, comme dans la tâche d'appariement relationnelle de la Figure 4. Nous renvoyons le lecteur intéressé par ce travail à l'article Flemming, Thompson & Fagot (2013) qui confirme le mode de traitement relationnel du babouin, et à Fagot (2016) pour un complément d'information présenté sous la forme d'une conférence vidéo au Collège de France.

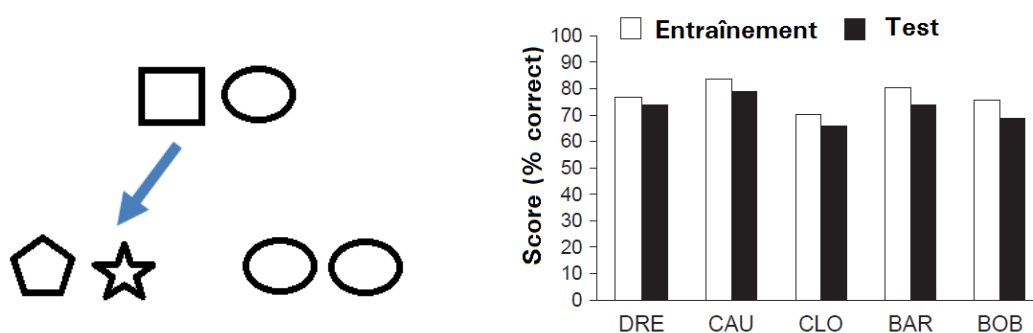


Figure 4. Traitement de relations entre relations par le babouin. La figure de gauche illustre une situation de test dite de « cross-mapping » dans la tâche d'appariement relationnel. Ici le singe doit appairer les paires d'objets en fonction de leur relation, alors que la paire à éviter (en bas à gauche) comporte un élément en commun (dans ce cas un cercle) avec la paire modèle. La figure de droite montre les performances des singes dans cette tâche, en blanc lorsque les paires n'ont aucun élément commun, et en noirs pour les essais de « cross-mapping ». On notera que toutes ces performances sont significativement au-delà de la chance, ce qui démontre une capacité à juger des relations de second ordre par les babouins.

## Conclusions

Ce chapitre présente un ensemble d'études comparatives réalisées sur l'humain et le babouin dans le domaine de l'attention, de la mémoire (mémoire de travail et mémoire à long-terme), et sur les capacités de catégorisation et de raisonnement abstrait. La comparaison des performances obtenues chez ces deux espèces permet trois conclusions.

La première conclusion qui s'impose est que nous avons mis à jour toute une série de similitudes dans l'expression des fonctions cognitives de ces deux espèces, par exemple dans la capacité à mémoriser un grand nombre d'information en mémoire de travail, ou encore dans la capacité à traiter des informations relationnelles de haut niveau. Toutes ces similitudes (et bien d'autres, voir Fagot, Malassis, Medam & Fagot, 2017) sont probablement le reflet de notre histoire évolutive qui nous amène à partager un bon nombre de processus cognitifs avec les primates non-humains actuels, du fait de notre origine phylogénétique commune.

La seconde conclusion qui s'impose est que nous avons également mis en évidence une série de différences entre ces deux espèces. On constatera que ces différences concernent notamment l'attention ainsi que la capacité à traiter de l'information en mémoire de travail. Cette remarque nous amène à considérer que ces deux fonctions ont fait l'objet d'une évolution importante au cours de la phylogénèse, et qu'elles sont probablement une des sources de différences cognitives importantes entre l'humain et les autres espèces. Nous pouvons faire l'hypothèse que le langage serait apparu au cours de l'évolution, comme une solution en réponse à ces limitations.

La troisième conclusion que je propose est que le babouin dispose d'un système cognitif qui ne le limite pas au seul traitement d'information perceptives concrètes, mais qui lui permet aussi d'accéder à des formes de pensée abstraite. Cette démonstration est apportée par nos travaux sur la tâche d'appariement relationnelle qui montrent que ces animaux peuvent traiter les relations entre relations. Nous pouvons donc en conclure que ce type de pensée abstraite est au moins partiellement accessible aux espèces non humaines, comme le babouin, qui ne disposent pas de notre capacité à encoder l'information par le langage.

Le thème général de ce volume est la question du rapport entre la pensée et le langage. Les travaux présentés dans ce chapitre illustrent plus généralement l'intérêt de l'approche comparative qui permet de mieux cerner la contribution du langage aux phénomènes cognitifs, en précisant le potentiel et les limites d'une « pensée sans langage ».

## Remerciements

J'adresse mes remerciements aux étudiants, collaborateurs ainsi qu'au personnel technique de mes laboratoires successifs, pour leur soutien aux recherches présentées dans ce chapitre. Je remercie également le Labex BLRI (ANR-11-LABX-0036) et l'Institut Convergence ILCB (ANR-16-CONV-0002) pour son soutien à ses recherches.

## Références

- Christie, S. & Gentner, D. (2014). Language helps children succeed on a classic analogy task. *Cognitive Science*, 8, 383–397.
- Davidoff, J., Fonteneau, E. & Fagot, J. (2008). Local and global processing: observations from a remote culture. *Cognition*, 108, 702-709.
- De Lillo C., Spinozzi G., Truppa V., Naylor D.N. (2005). A comparative analysis of global and local processing of hierarchical visual stimuli in young children and monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology* 119, 155–165.
- De Valois, R. L., & De Valois, K. K. (1990). *Spatial vision*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Deruelle C., Fagot J. (1998). Visual search for global/local stimulus features in humans and baboons. *Psychonomic Bulletin et Review* 5, 476–481.
- Fagot J. & Deruelle C. (1997). Processing of global and local visual information and hemispheric specialization in humans (*Homo sapiens*) and baboons (*Papio papio*). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 23, 429–442.
- Fagot, J. (2016). Les mécanismes d'analogie chez le babouin. Conférence au Collège de France. <https://www.college-de-france.fr/site/stanislas-dehaene/seminar-2016-01-26-11h00.htm>
- Fagot, J. & Cook, R. (2006). Evidence for large long-term memory capacities in baboons and pigeons and its implications for learning and the evolution of cognition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 103, 17564-17567.
- Fagot, J. & De Lillo, C. (2011). A comparative study of working memory: Immediate serial spatial recall in baboons (*Papio papio*) and humans. *Neuropsychologia*, 49, 3870-3880.
- Fagot, J., Malassis, R., Medam, T., Montant, M. (2017). Comparing human and nonhuman animals performance on domain-general functions: Towards a multiple bottleneck



- scenario of language evolution.? in Boe, L.J., Fagot, J. Perrier, P., & Schwartz, J.L. (eds.). *Origins of human language: continuities and splits with nonhuman primates*. Peter Lang (pp. 329-365).
- Fagot, J. & Thompson, R.K.R (2011). Generalized Relational Matching by Guinea Baboons (*Papio papio*) in two by two-item analogy problems. *Psychological Science*, 22, 1304–1309.
- Fagot, J. & Tomonaga, M. (1999). Global and local processing in humans (*Homo sapiens*) and chimpanzees (*Pan troglodytes*): Use of a visual search task with compound stimuli. *Journal of Comparative Psychology*, 113, 3-12.
- Flemming, T., Thompson, R.K., & Fagot, J. (2013). Baboons, like humans, solve an analogical matching task by categorical abstraction of relations. *Animal Cognition*, 16, 519-524.
- Gower, E.C. (1990). The long-term retention of events in monkey memory. *Behavioural Brain Research*, 38, 191-198.
- Herrnstein, R.J. & Loveland, D.H. (1964). Complex visual concepts in pigeons. *Science*, 23, 549-551.
- Malassis, R., Rey, A. & Fagot, J. (2018). Non-adjacent dependencies processing in human and non-human primates. *Cognitive Science*. First published: 20 May 2018, <https://doi.org/10.1111/cogs.12617>
- Minier, L., Fagot, J., & Rey, A. (2015). The temporal dynamics of regularity extraction in non-human primates. *Cognitive Science*. Aug 25. doi : 10.1111/cogs.12279.
- Napier, J.R., & Napier, H. (1967). *A Handbook of Living Pimates*. New York: Academic Press.
- Navon D (1977). Forest before the tree: The precedence of global feature in visual perception. *Cognitive Psychology* 9, 353–383.
- Rey, M., Minier, L., Malassis, R., Bogeart, L. & Fagot, J. (2018). Regularity extraction across species: Associative learning mechanisms shared by humans and non-human primates. *Topics in Cognitive Science*. First published: 21 May 201. <http://dx.doi.org/10.1111/tops.12343>
- Ringo, J.L., Doty, R.W. (1985). A macaque remembers pictures briefly viewed six months earlier. *Behavioral Brain Research*, 18, 289-294.

- Spinozzi G., De Lillo C., Salvi V. (2006). Local advantage in the visual processing of hierarchical stimuli following manipulations of stimulus size and element numerosity in monkeys (*Cebus apella*). *Behavioural Brain Research* 166, 45–54.
- Spinozzi G., De Lillo C., Truppa V. (2003). Global and local processing of hierarchical visual stimuli in tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology* 117, 15–23.
- SurrIDGE, A., OSORIO, D., MUNDY, N. (2003). Evolution and selection of trichromatic vision in primates. *Trends in Ecology and Evolution*, 198-205.
- Voss, J. J. (2009). Long-term associative memory capacity in man. *Psychonomic Bulletin and Review*, 16, 1076–1081.
- Wasserman, E.A., Young, M.E., Cook, R.G. (2004). Variability discrimination in humans and animals: implications for active action. *American Psychologist*, 59, 879-890.
- Wasserman, E.A., Fagot, J & Young, M.E. (2004). Same-different conceptualization by baboons (*Papio papio*): The role of entropy. *Journal of Comparative Psychology*, 115, 42-52.