

Une méthode non verbale pour l'étude des asymétries hémisphériques visuo- spatiales chez le singe et l'homme

Jacques VAUCLAIR et JOEL FAGOT

Résumé. Cet article présente une méthode non verbale destinée à l'étude des asymétries cérébrales fonctionnelles lors du traitement d'informations visuelles par l'homme et par le singe. Elle implique une manipulation d'un mini-manche contrôlant les déplacements d'un curseur sur un écran d'ordinateur. Les caractéristiques de cette méthode sont comparées à celles de la technique traditionnelle du tachistoscope. Elle présente l'avantage de garantir que le sujet regarde le point de fixation pendant l'affichage latéralisé du stimulus. L'absence de verbalisation de la part du sujet dans la production de la réponse permet de minimiser le rôle d'un éventuel codage linguistique de la tâche. Des données concernant l'effet de la nouveauté des stimuli sur la latéralité sont présentées, ainsi qu'une validation de la méthode chez le babouin, à l'aide d'une analyse des mouvements des yeux. Enfin, des domaines d'application possibles sont proposés pour la recherche en neuropsychologie humaine et dans le cadre d'une neuro-psychologie comparée des mécanismes cognitifs.

Mots clés : Information visuo-spatiale, latéralité, singe, homme.

Key words: Visuo-spatial information, lateralization, non-human primate, Man.

Adresse : Laboratoire de Neurosciences Cognitives, CNRS, 31 chemin Joseph Aiguier, 13402 Marseille Cedex 20, France (email : vauclair@lnf.cnrs-mrs.fr).

INTRODUCTION

L'étude des spécialisations hémisphériques lors du traitement visuel chez le primate humain et non humain impose de recourir à une méthodologie particulière en raison de l'organisation croisée des voies nerveuses visuelles. Pour diriger les impulsions afférentes vers un seul hémisphère cérébral, il faut stimuler le seul champ visuel controlatéral à cet hémisphère (Bryden, 1982 ; Hellige, 1993). Trois conditions doivent alors être réunies pour latéraliser l'information visuelle. La première condition consiste à fixer le regard du sujet sur un point de fixation au moment de l'affichage du stimulus. Cette condition est habituellement remplie chez l'homme en lui demandant de fixer un point au centre d'un écran. La seconde condition concerne l'excentricité du stimulus. Les fibres nerveuses qui proviennent de la fovéa ont des projections ipsi- et controlatérales, alors que celles provenant de la rétine périphérique se projettent exclusivement dans l'hémisphère opposé au champ de réception. Aussi, il faut afficher le stimulus avec une excentricité latérale d'au moins 2.5 degrés par rapport au point de fixation afin d'éviter la zone de projections bilatérales (Leventhal, Ault et Vitek, 1988). Enfin, la troisième condition concerne la durée de l'affichage du stimulus. Il est nécessaire que le stimulus visuel soit affiché pendant un temps inférieur à la latence d'initiation d'une saccade oculaire, pour éviter que le sujet ne déplace son regard pour percevoir le stimulus en vision fovéale. Chez l'homme (Springer et Deutsch, 1985) et le singe (Fuchs, 1967), cette latence est généralement estimée à 180-220 millisecondes.

Les recherches reposant sur la technique des présentations latéralisées ont surtout recouru au tachistoscope pour présenter les stimuli visuels au sujet (Bradshaw, 1989). Avec ce dispositif, le sujet doit d'abord regarder un point de fixation sur un écran. Ensuite, après un délai fixe, ou bien après que le sujet a donné un signal de départ en appuyant sur une clé de réponse, un stimulus visuel est affiché brièvement soit à la droite soit à la gauche du point de fixation. Enfin, en fonction de la tâche proposée, la réponse du sujet peut être verbale ou non (par exemple, pointage, appui sur un bouton). Les différences de perfor-

mance (taux de réussite ou/et temps de réaction) entre les hémis-champs stimulés permettent d'inférer les capacités de traitement de chaque hémisphère.

Les présentations tachistoscopiques sont fréquemment utilisées dans l'étude des compétences de chaque hémisphère pour le traitement de stimuli de nature linguistique (mots, lettres) ou non linguistique (visages, formes sans signification). D'une manière générale, les résultats montrent que les droitiers reconnaissent mieux et/ou plus rapidement les stimuli verbaux quand ces derniers sont présentés dans l'hémis-champ visuel droit, et que l'information a donc été projetée vers l'hémisphère gauche. En revanche, l'hémisphère droit est le plus performant lorsque le traitement concerne des stimuli non verbaux (voir Bouma, 1990). Néanmoins de nombreuses exceptions à cette règle sont observées, notamment pour le traitement d'informations spatiales (par exemple, Kosslyn, Koenig, Barrett, Cave, Tang et Gabrielli, 1989).

L'usage traditionnel du tachistoscope présente cependant trois inconvénients majeurs. En premier lieu, ce système requiert le plus souvent une consigne verbale. Il faut expliquer au sujet qu'il doit regarder le point de fixation et lui préciser les modalités de la réponse. Ce protocole n'est donc évidemment pas adapté pour tester des sujets dépourvus de langage, comme les primates non humains. En deuxième lieu, la consigne peut induire une verbalisation, implicite ou explicite, de la part des sujets pendant la résolution de la tâche. Cette verbalisation peut influencer les résultats puisque le langage est essentiellement sous le contrôle de l'hémisphère gauche (Hellige, 1993). En troisième lieu, et sauf si l'on dispose d'un équipement sophistiqué d'enregistrement des mouvements oculaires en continu, il subsiste toujours un doute sur la position effective du regard du sujet sur la scène visuelle au moment de l'affichage du stimulus.

Depuis plusieurs années, nous utilisons dans notre laboratoire une méthode alternative à la technique du tachistoscope. Aussi, la première partie de cet article sera consacrée à présentation de cette méthode. La seconde partie présentera les résultats d'une étude portant sur l'enregistrement des mouvements oculaires chez des singes au cours d'un test de discrimination visuelle de stimuli latéralisés. Ensuite, nous exposerons quelques données récentes collectées, avec cette technique, sur la spécialisation hémisphérique chez l'animal et l'homme. Enfin, nous

préciserons les avantages de notre approche et ses applications possibles en neuropsychologie humaine.

PRÉSENTATION DE LA MÉTHODE

Principe général

Un micro-ordinateur, qui pilote la tâche, sert à la fois à la présentation des stimuli visuels et au recueil des réponses. Pendant l'expérience, les sujets sont assis en face d'un moniteur et disposent d'un mini-manche ou "joystick" (voir la Figure 1). Chaque essai débute par

Figure 1. Dispositif utilisé dans notre laboratoire avec le babouin. 1) Ecran sur lequel sont présentés les stimuli visuels ; 2) mini-manche qui permet de déplacer le curseur sur l'écran ; 3) distributeur de nourriture.

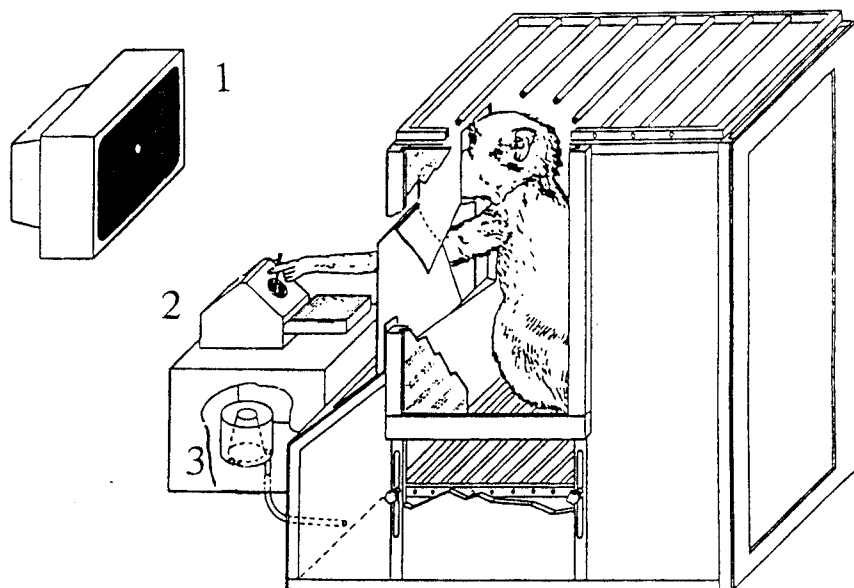


Figure 1. Apparatus used in the study with baboons.

l'affichage du curseur au centre de l'écran et d'un point de fixation (PF ; 0,5 x 0,5 cm) apparaissant 1,5 cm en dessus ou en dessous du curseur (voir la Figure 2). Le sujet doit alors agir sur le mini-manche pour déplacer le curseur et le mettre en correspondance spatiale (pendant au moins 35 millisecondes) avec le PF. Cette procédure requiert des mouvements fins de la manette et un contrôle visuel soutenu. Elle est destinée à contraindre le sujet à regarder le PF.

Figure 2. Les 3 phases de la méthode de présentation de stimuli en champ divisé : 1) présentation du curseur et du point de fixation ; 2) présentation latérale du stimulus modèle ; 3) phase de reconnaissance au cours de laquelle le sujet désigne avec son curseur la forme appariée au modèle.

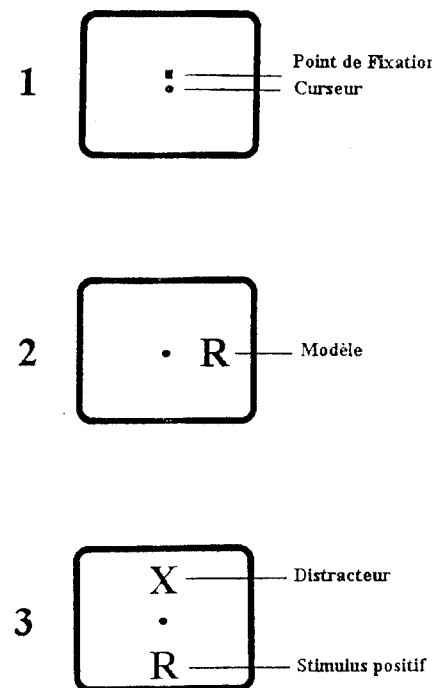


Figure 2. The three phases of the experimental procedure.

Les expériences ont recours au protocole d'appariement à un modèle ("Matching-to-Sample"). Aussi, dès que le curseur recouvre le point de fixation, un stimulus dit "stimulus modèle", par exemple un caractère alphabétique, est affiché pendant 100 millisecondes à plus de 3 degrés d'angle à la droite (champ visuel droit) ou à la gauche (champ visuel gauche) du PF. L'excentricité du stimulus modèle est maintenue constante en limitant le déplacement antéro-postérieur de la tête, soit en utilisant un masque facial chez le singe, soit en utilisant une mentonnière avec les sujets humains. Après l'extinction du modèle, deux formes sont affichées sur l'écran. Une des deux formes est identique au modèle, la seconde est différente. Le sujet doit donner une réponse d'appariement en déplaçant le curseur sur la forme correspondant au modèle. Selon la version du test désirée, les relations unissant le modèle et les formes de comparaison peuvent être de différents niveaux d'abstraction, depuis une simple relation de similitude ("Identity Matching-to-Sample"), jusqu'aux relations conditionnelles ou symboliques ("Symbolic Matching-to-Sample"). Par exemple, dans ce dernier cas, le sujet devra sélectionner un stimulus de comparaison de couleur rouge si le modèle est un "A", et un stimulus vert si le modèle n'est pas un "A".

Les performances sont évaluées par les taux de réussite dans la reconnaissance du modèle et par les temps de réponse. Ces temps de réponse sont mesurés avec une précision de l'ordre de 1 à 2 millisecondes.

Matériel

Nous utilisons un micro-ordinateur VGA de type PC-AT 386 équipé d'un convertisseur analogique-digital (DT 2801A ; Data Translation, Marlboro, MA, USA) et d'une carte numérique entrée-sortie 16 voies (DT 2817 ; Data Translation, Marlboro, MA, USA). Le convertisseur sert d'interface aux signaux issus du mini-manche analogique (type 521 ; Measurement Systems, Norwalk, CT, USA). La carte numérique commande un distributeur de nourriture, et enregistre les contacts sur une plaque métallique que le sujet doit toucher au début de chaque essai pour provoquer l'affichage du stimulus sur l'écran. Le logiciel qui gère l'expérience (affichage des stimuli et enregistrement des réponses) est écrit en Turbo Pascal version 5.0.

Richardson, Washburn, Hopkins, Savage-Rumbaugh et Rumbaugh (1990) ont développé aux Etats-Unis un dispositif analogue à celui présenté dans cet article. Ce dispositif est simple à installer, car le logiciel de test est fonctionnel sur tout ordinateur de type PC-XT VGA équipé d'un port "série" sur lequel se connecte le mini-manche. Cependant, avec le système américain, les déplacements du curseur ne sont isomorphes ni en vitesse ni en position aux déplacements du mini-manche. De plus, lorsque le sujet lâche le mini-manche, le curseur reste dans la position qu'il occupait au préalable sur l'écran. L'avantage de notre dispositif réside dans un isomorphisme de direction, de distance, et de vitesse entre les déplacements du mini-manche et ceux du curseur à l'écran (voir Vauclair et Fagot, 1994). Ces caractéristiques font que le curseur reprend sa position au centre de l'écran lorsque le sujet ne maintient pas le contact avec le mini-manche. Notre dispositif est donc particulièrement adapté pour aborder l'étude de la latéralisation dans la motricité manuelle. Nous avons par exemple testé chez le babouin (Vauclair et Fagot, 1993) les asymétries manuelles dans une tâche de poursuite d'une cible se déplaçant aléatoirement sur un écran. Un groupe de babouins initialement testé avec la main gauche a montré une meilleure précision spatiale comparativement à un autre groupe testé avec la main droite.

Apprentissage de la tâche chez l'homme et le singe

Pour résoudre la tâche, il faut que le sujet soit capable de contrôler les déplacements du curseur à l'écran en agissant sur le mini-manche. Cet apprentissage ne présente aucune difficulté particulière pour l'homme adulte. Pour le singe, l'apprentissage initial est plus long, mais il reste néanmoins possible en ayant recours aux techniques du conditionnement. L'apprentissage de la relation entre la manipulation du mini-manche et les mouvements du curseur sur l'écran est facilitée en utilisant des gabarits qui limitent les déplacements du mini-manche à un seul axe (horizontal par exemple). L'animal reçoit des renforçateurs alimentaires (granulés de céréales) lorsqu'il produit une réponse correcte. Pour obtenir cette récompense, le singe doit apprendre, dans un premier temps, à "toucher" avec le curseur des stimuli visuels fixes sur

l'écran. Progressivement, l'emplacement de ces stimuli est modifié pour que le sujet soit capable de diriger le curseur dans toutes les directions sur l'espace de l'écran. Chez le babouin, cet apprentissage nécessite environ deux mois d'entraînement, à raison de deux heures de travail quotidien (Vauclair et Fagot, 1993).

Pour résoudre la tâche, le sujet doit également maîtriser le concept d'appariement à un modèle et être familiarisé avec les présentations en champ divisé. Chez le singe, l'apprentissage se fait en trois phases et nécessite plusieurs milliers d'essais. Dans la première phase, trois stimuli sont affichés simultanément à l'écran, et le sujet doit désigner avec son curseur les deux stimuli qui ont une forme identique. Puis, dans la deuxième phase, le modèle et les formes de comparaison apparaissent de manière séquentielle et, lorsque le taux de réussite atteint 80 %, le modèle est présenté de plus en plus rapidement jusqu'à 100 millisecondes. Enfin, dans la troisième phase, le point de fixation est introduit. Le sujet doit alors inscrire le curseur sur le PF pour que le modèle s'affiche. Ces trois phases nécessitent deux à trois mois supplémentaires d'entraînement pour le babouin. Cet apprentissage s'établit bien plus rapidement chez l'homme que chez le singe. Sans consigne verbale, des étudiants découvrent une règle d'appariement symbolique après une centaine d'essais (Dépy, 1994).

ANALYSE DES MOUVEMENTS OCULAIRES CHEZ LE SINGE

Afin de vérifier expérimentalement la validité de cette tâche pour examiner les phénomènes de latéralité, nous avons enregistré les mouvements oculaires de babouins pendant la fixation et la présentation du modèle (Wilde, Vauclair et Fagot, 1994). La méthode choisie (Wilde, sous presse) fait appel à des enregistrements vidéos des saccades oculaires, sans restreindre les mouvements de la tête et du corps. Pour cette expérience de contrôle, le sujet est testé dans la cage représentée sur la Figure 1. Après la phase de fixation oculaire, le modèle est affiché pendant 140 millisecondes avec une excentricité de 6.1 degrés par rapport au point de fixation.

La position du regard sur la scène visuelle a été estimée toutes les 20 millisecondes pendant la présentation du modèle (voir le Tableau 1). Durant les 20 premières millisecondes, le regard se positionne latéralement en moyenne à moins de 1 degré d'angle par rapport au point de fixation. Ce résultat démontre que le singe regarde effectivement la zone du PF quand il doit ajuster le curseur sur ce point de fixation. Par ailleurs, des saccades oculaires en direction du modèle apparaissent entre 100 et 160 millisecondes après le début de l'affichage du modèle (cf. Figure 3). Le stimulus est donc perçu en vision périphérique au moins pendant les 100 premières millisecondes. Cependant, entre 100 et 140 millisecondes, le singe déplace souvent son regard et perçoit donc le modèle en vision fovéale. Ainsi, la projection contralatérale de l'information visuelle n'est plus garantie lorsque les durées de présentation sont supérieures à 100-140 millisecondes.

Tableau 1. Excentricité moyenne du regard (en degrés) par rapport au point de fixation et conclusions statistiques (test *t* de Student bilatéral) comparant les moyennes observées à 0 degré.

	Axe horizontal		Axe vertical	
	Moyenne	Probabilité	Moyenne	Probabilité
0-20 ms	.01	$p > .05$	.71	$p > .05$
20-40 ms	.44	$p > .05$	.46	$p > .05$
40-60 ms	.33	$p > .05$	.67	$p > .05$
60-80 ms	.24	$p > .05$	.39	$p > .05$
80-100 ms	.33	$p > .05$	.28	$p > .05$
100-120 ms	3.04	$p < .001$	.00	$p > .05$
120-140 ms	4.41	$p < .001$	.09	$p > .05$

Note : 0 degré correspond à l'excentricité théorique en cas de centration du regard sur le point de fixation ; ms = milliseconde.

Table 1. Average eccentricities (in degrees) of the gaze relative to the location of the fixation point.

Figure 3. Mouvements des yeux chez un babouin pendant les 140 millisecondes de présentation du modèle. En haut, essai au cours duquel le regard est resté sur le point de fixation (PF) pendant l'affichage du modèle. En bas, essai au cours duquel on observe une saccade rapide en direction du modèle après 100 millisecondes. Chaque point correspond à un intervalle de 20 millisecondes.

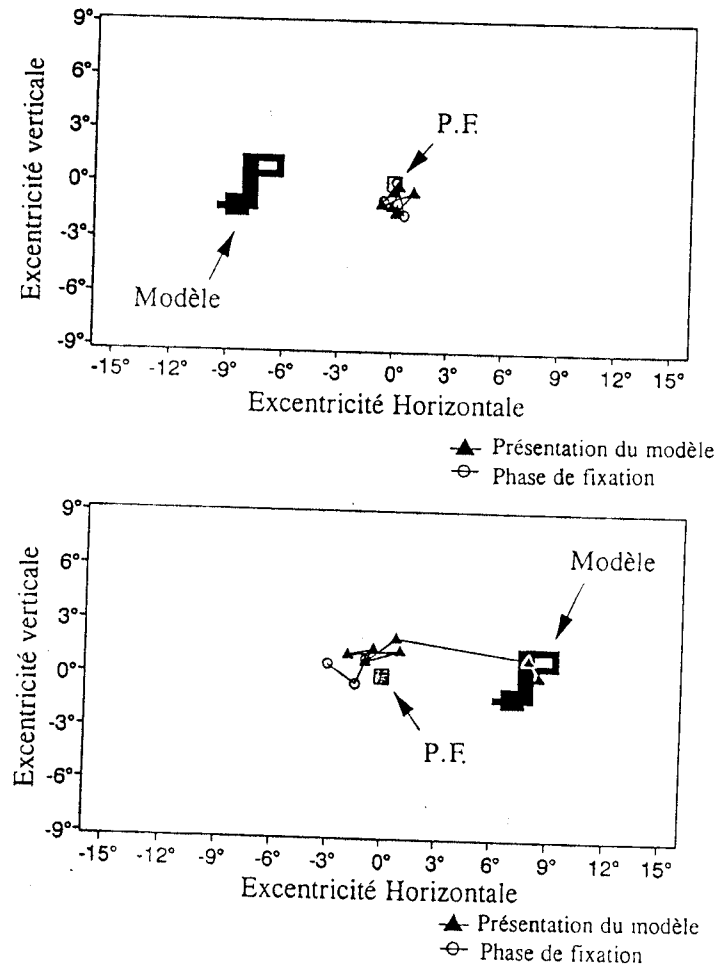


Figure 3. Eye movements in a baboon during the 140 ms of sample presentation.

Plusieurs travaux indiquent que la latence des saccades oculaires vers une cible est différée de quelques dizaines de millisecondes si le PF reste à l'écran pendant la présentation de la cible (voir Fischer et Weber, 1993). Nous avons donc réalisé une expérience complémentaire pour vérifier si les babouins étaient sensibles à cet effet de recouvrement (Wilde et al., 1994). Les résultats ont confirmé les données de Fischer et Weber (1993). Lorsque le point de fixation reste affiché à l'écran pendant la présentation du modèle, les saccades oculaires n'apparaissent jamais avant 120 millisecondes. Elles sont ainsi différées de 20 millisecondes en moyenne par rapport aux situations de non-recouvrement. Le fait de laisser le PF à l'écran offre donc la possibilité de présenter le modèle plus longtemps en vision périphérique. Allonger le temps de présentation du modèle permet d'augmenter le taux de réussite, comme l'ont montré Hopkins, Washburn et Rumbaugh (1990) chez le chimpanzé.

L'analyse des mouvements oculaires du babouin a permis de démontrer que la contrainte comportementale consistant à ajuster le curseur sur le PF favorise une centration effective du regard sur ce point. Cette analyse des mouvements oculaires valide également la méthode de présentation en champ divisé, à condition que le modèle ne soit pas présenté latéralement pendant plus de 120 millisecondes. Enfin, le fait de laisser le PF à l'écran pendant l'affichage du modèle permet d'éviter les saccades oculaires à latence courte. On observera que l'existence de ce type de saccades ne concerne pas uniquement les singes, puisque des saccades rapides ont été également enregistrées chez l'homme (Fischer et Weber, 1993). La procédure de recouvrement est donc indispensable pour diminuer la fréquence de ce type de saccades chez tous les primates.

TRAITEMENT LATÉRALISÉ DE STIMULI VISUELS : RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX CHEZ LE BABOUIN

Dans la littérature, les recherches ont surtout porté sur des animaux "split brain" qui ont subi une section du chiasma optique et des commissures inter-hémisphériques (par exemple, Hamilton et Vermeire, 1988). Notre méthode de présentation de stimuli en champ divisé offre

la possibilité d'obtenir des informations complémentaires avec des sujets au cerveau intact. L'expérience qui suit permet d'illustrer l'intérêt d'une telle approche.

Selon Goldberg et Costa (1981), l'hémisphère droit du cerveau humain joue un rôle prépondérant dans l'acquisition de tâches nouvelles, alors que l'hémisphère gauche serait plus apte à utiliser des représentations déjà installées (routines de traitement). Nous avons vérifié si de telles asymétries étaient également présentes chez le singe. Six babouins de 3 à 5 ans ont été testés, dans un cadre comparatif, avec la méthode précédemment décrite. Leur tâche a consisté à reconnaître le stimulus de comparaison identique au modèle (Fagot et Vauclair, 1994).

L'expérience avec les babouins s'est déroulée en quatre phases expérimentales correspondant à 14 jours de test et à 1.800 essais environ par animal. Les 8 stimuli de la première phase (voir la Figure 4b) sont formés de 3 éléments superposés sélectionnés au hasard dans un ensemble de 11 éléments possibles (cf. Figure 4a). Ces 8 formes sont regroupées en 4 couples, de telle sorte que chaque stimulus est toujours présenté en concurrence avec l'autre stimulus du couple. La deuxième phase se distingue de la première par un plus grand nombre d'appariements possibles entre objets. Elle utilise les 8 mêmes stimuli que précédemment, cependant chaque stimulus peut être associé à n'importe quel autre stimulus de l'ensemble. Dans la troisième phase, les 128 stimuli sont composés de combinaisons nouvelles de 3 éléments choisis au hasard parmi les 11 éléments utilisés dans les phases 1 et 2. Enfin, dans la quatrième phase, les 128 stimuli visuels ont une forme polygonale (cf. Figure 4b) et sont générés selon la méthode de Attneave et Arnoult (1956).

Les babouins n'ont pas réussi à résoudre la tâche avec les stimuli polygonaux (56.5% de réussite moyenne). L'analyse de variance des scores pour les phases 1-3 montre un taux de réussite plus élevé en phase 2 que pour les phases 1 et 3. Par ailleurs, le taux de réussite est meilleur pour la dernière série d'essais que pour les essais initiaux. Cet effet sur les scores est une conséquence de l'apprentissage. De plus, l'analyse des temps de réponse montre que la nature des différences inter-hémisphériques est liée à la nouveauté des stimuli. En effet, les premiers essais (N = 70) de chaque phase expérimentale donnent lieu à

des réponses plus rapides lorsque le modèle est affiché dans le champ visuel gauche que dans l'autre champ (cf. Figure 5). Pour les derniers essais, les sujets sont plus rapides lorsque le modèle est affiché dans le champ visuel droit, mais la différence entre le champ droit et le champ gauche n'est pas significative.

Figure 4. Stimuli expérimentaux utilisés dans l'étude des effets de la nouveauté sur la latéralité : 4a, les 11 éléments de base qui ont servi à construire les stimuli composés ; 4b, exemples de stimuli composés et de polygones.

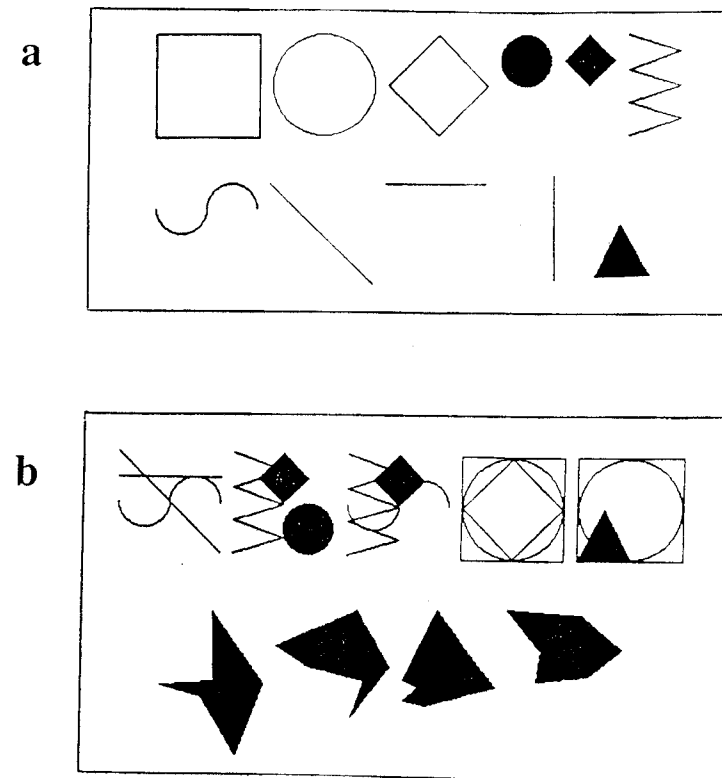


Figure 4. Stimuli used in the study on novelty.

Cette expérience a donc mis en évidence chez le babouin une latéralisation hémisphérique liée à la nouveauté des stimuli présentés. Les données obtenues lors des présentations initiales sont conformes à celles observées chez l'homme (Goldberg et Costa, 1981 ; Streitfeld, 1985). Ainsi, chez le singe, la réaction à des stimuli nouveaux semble être, au moins en partie, sous l'influence de mécanismes analogues à ceux décrits chez l'homme. En revanche, à la différence de ce qui est observé chez l'homme, il n'y a pas, chez le singe, d'inversion de la latéralisation avec la pratique.

Figure 5. Temps de réponse des babouins (en millisecondes) pour les premiers et derniers essais et pour chaque hémichamp visuel. CVD-HG = champ visuel droit-hémisphère gauche ; CVG-HD = champ visuel gauche-hémisphère droit.

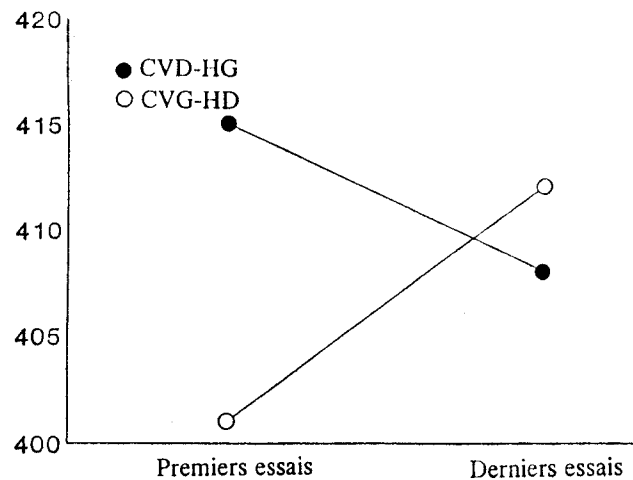


Figure 5. Response times for baboons as a function of the visual hemifield of sample presentation.

CONCLUSIONS

La méthodologie présentée est adaptée à la fois à l'étude de la spécialisation hémisphérique chez le singe et l'homme. D'autres procédures expérimentales ont été parfois employées pour aborder la spécialisation hémisphérique chez de très jeunes sujets (par exemple, utilisation d'une procédure d'habituation chez le nouveau-né : De Schonen et Mathivet, 1990). Une des principales originalités de notre approche est que le sujet participe activement à la phase de fixation oculaire. La manipulation de la manette qui permet de mettre en correspondance le curseur et le PF présente, en effet, l'avantage d'obliger le sujet à positionner son regard sur le PF, sans qu'il soit nécessaire de le contrôler en recourant à l'enregistrement de ses mouvements oculaires. Une autre particularité de notre méthode est de préserver un niveau d'activité élevé pendant plusieurs centaines d'essais, sans signe apparent de fatigue. Ce niveau élevé s'explique sans doute par l'engagement du sujet qui intervient à toutes les phases d'un essai, dès l'initiation de celui-ci (main sur la plaque de départ), pendant la phase de fixation (manipulation du mini-manche) et, dans la phase de réponse (sélection d'une forme en déplaçant le mini-manche). A ces caractéristiques s'ajoute, chez le singe, l'utilisation systématique de renforçateurs alimentaires.

Cette technique offre, de plus, une grande souplesse dans le choix, la création, et la manipulation des stimuli visuels. Ainsi, les systèmes récents d'acquisition et de transfert d'images (par exemple l'utilisation d'un appareil d'acquisition d'images du type ION de CANON) permettent d'afficher des images, de les digitaliser, et de les traiter ultérieurement avec des outils graphiques. Avec ces outils (Image-in ou Deluxe Paint), nous avons par exemple modifié des photographies de scènes ou d'objets réels, pour créer des chimères de visages ou bien changer la taille ou la position des éléments composant les stimuli.

La méthode présentée dans cet article nous paraît également être susceptible d'applications pour la neuropsychologie expérimentale humaine. Elle est appropriée pour analyser le traitement perceptif précoce des stimuli verbaux (détection de lettres ou de mots), et pour dégager des mécanismes plus centraux concernant la signification des mots. On pourrait, par exemple, analyser les traitements (latéralisés ou non) de mots présentés brièvement lorsqu'ils sont appariés avec des représenta-

tions imagées. Cette technologie pourrait s'adapter aussi bien aux sujets normaux qu'aux sujets présentant des déficits spécifiques au langage. Toutefois, cette méthode non verbale impose certaines contraintes motrices, en particulier pour l'ajustement du curseur sur le point de fixation. Cette méthode n'est pas recommandée pour des sujets présentant un déficit prononcé dans leur motricité manuelle ou oculaire.

Un autre domaine d'application possible concerne la mémoire. Le protocole de l'appariement à un modèle permet de manipuler facilement le délai entre la présentation du modèle et l'affichage des stimuli de comparaison. Enfin, cette méthode est également appropriée pour appréhender expérimentalement les problèmes de représentation spatiale. Par exemple, Dépy (1994) a conduit chez l'homme et le babouin une expérience sur la latéralisation des représentations spatiales catégorielles et métriques (cf. Kosslyn et al., 1989). Cette méthode offre donc la possibilité d'étudier non seulement la reconnaissance de patterns visuels, mais aussi le traitement des relations abstraites entre patterns.

Enfin, l'utilisation de cette méthode avec des sujets humains (Vauclair, Fagot et Hopkins, 1993), des grands singes (Hopkins et al., 1990) et, entre autres, des macaques (Hopkins et al., 1990) ou des babouins (Fagot et Vauclair, 1994 ; Hopkins, Fagot et Vauclair, 1993) permet l'analyse de la spécialisation hémisphérique dans une perspective comparative. Son emploi donne également des informations sur les coûts temporels des traitements cognitifs. Par exemple, avec cette approche, nous avons observé que les babouins sont trois fois plus rapides que des sujets humains pour reconnaître des formes en miroir ayant subi des rotations (Vauclair, Fagot et Hopkins, 1993). Ce résultat montre l'intérêt de cette méthode pour aborder les différences inter-spécifiques dans les traitements cognitifs complexes, et pour tenter de développer une neuropsychologie comparée de la cognition.

En conclusion, notre méthode non verbale de présentation de stimuli visuels en champ divisé ouvre de nouvelles perspectives, dans la mesure où elle offre aux chercheurs la possibilité d'aborder la question des asymétries cérébrales chez diverses espèces, et, de surcroît, chez des sujets intacts, en ayant recours à une seule et unique procédure.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient B. Arnaud, R. Fayolle et M. Chiambretto pour leurs contributions à l'élaboration des dispositifs expérimentaux.

ABSTRACT

This paper presents a nonverbal method for studying functional asymmetries in the processing of visual information in human and non-human primates. This method requires the manipulation of a joystick that controls the movements of a cursor on a video monitor. Characteristics of our method are compared to the traditional tachistoscopic technique. One advantage of this method is to constraint fixation of the gaze on a fixation point prior to the unilateral display of the sample stimulus. Moreover, neither instruction provided to subjects nor response production involve verbalization. Results concerning the effects of stimulus novelty are presented along with findings of a study on eye-saccades in baboons solving the video task. Finally, possible domains of application of our method are proposed in the field of human neuropsychology and for the comparative psychology of cognitive mechanisms.

RÉFÉRENCES

- Attneave, F., & Arnoult, M. (1956). The quantitative study of shape and pattern perception. *Psychological Bulletin*, 53, 452-471.
- Bouma, A. (1990). *Lateral asymmetries and hemispheric specialization: Theoretical models and research*. Amsterdam: Swets & Zeitlinger.
- Bradshaw, J.L. (1989). *Hemispheric specialization and psychological functions*. New York: John Wiley & Sons.
- Bryden, M.M. (1982). *Laterality: Functional asymmetry in the intact brain*. New York: Academic Press.
- Dépy, D. (1994). Spécialisation hémisphérique et approche modulaire des traitements visuo-spatiaux chez le babouin. Mémoire de DEA de Neurosciences Cognitives, Université Aix-Marseille I.
- De Schonen, S., & Mathivet, E. (1990). Hemispheric asymmetry in a face discrimination task in infants. *Child Development*, 61, 1192-1205.

- Fagot, J., & Vauclair, J. (1994). Video-task assessment of stimulus novelty effects on hemispheric lateralization in baboons (*Papio papio*). *Journal of Comparative Psychology*, *108*, 156-163.
- Fischer, B., & Weber, H. (1993). Express saccades and visual attention. *The Behavioral and Brain Sciences*, *16*, 553-610.
- Fuchs, A.F. (1967). Saccadic and smooth pursuit eye movements in the monkey. *Journal of Physiology*, *191*, 609-631.
- Goldberg, E., & Costa, L. (1981). Hemisphere differences in the acquisition and use of descriptive systems. *Brain and Language*, *14*, 144-173.
- Hamilton, C.R., & Vermeire, B.A. (1988). Complementary hemispheric specialization in monkeys. *Science*, *242*, 1691-1694.
- Hellige, J.B. (1993). *Hemispheric asymmetry: What's right and what's left*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Hopkins, W.D., Fagot, J., & Vauclair, J. (1993). Mirror-image matching and mental rotation problem solving by baboons (*Papio papio*): Unilateral input enhances performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, *122*, 61-72.
- Hopkins, W.D., Washburn, D.A., & Rumbaugh, D.M. (1990). Processing of form stimuli presented unilaterally in humans, chimpanzees (*Pan troglodytes*) and monkeys (*Macaca mulatta*). *Behavioral Neuroscience*, *104*, 577-582.
- Kosslyn, S.M., Koenig, O., Barrett, A., Cave, C.B., Tang, J., & Gabrieli, J.D.E. (1989). Evidence for two types of spatial representations: Hemispheric specialization for categorical and coordinate relations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *15*, 723-735.
- Leventhal, A.G., Ault, S.J., & Vitek, D.J. (1988). The nasotemporal division in primate retina: The neural basis of macular sparing and splitting. *Science*, *240*, 66-67.
- Richardson, W.K., Washburn, D.A., Hopkins, W.D., Savage-Rumbaugh, E.S., & Rumbaugh, D.M. (1990). The NASA/LRC computerized test system. *Behavior Research Method, Instruments and Computers*, *22*, 127-131.
- Streitfeld, B. (1985). Hemispheric advantages and shifts of laterality differences in visual and tactual modalities. *International Journal of Neuroscience*, *25*, 245-254.
- Vauclair, J., & Fagot, J. (1993). Manual and hemispheric specialization in the manipulation of a joystick by baboons (*Papio papio*). *Behavioral Neuroscience*, *107*, 210-214.
- Vauclair, J., & Fagot, J. (1994). A joystick system for the study of hemispheric asymmetries in nonhuman primates. In J.R. Anderson, J.J. Roeder, B. Thierry, & N. Herrenschildt (Eds.), *Current primatology:*

- Social development, learning and behaviour* (pp. 69-76). Strasbourg: Presses de l'Université Louis Pasteur.
- Vauclair, J., Fagot, J., & Hopkins, W.D. (1993). Rotation of mental images in baboons when the visual input is directed to the left cerebral hemisphere. *Psychological Science*, *4*, 99-103.
- Springer, S.P., & Deutsch, G. (1985). *Left brain, right brain*. New York: Freeman and Company.
- Wilde, J. (sous presse). A non-invasive, non-restrictive method for determining the direction of gaze in primates. *Behavioral Research Methods, Instruments and Computers*.
- Wilde, J., Vauclair, J., & Fagot, J. (1994). Eye movements in baboons performing a matching-to-sample task presented in a divided-field format. *Behavioural Brain Research*, *63*, 61-70.

Article reçu le 23/09/94

Accepté le 3/2/95