

SPÉCIALISATION HÉMISPHERIQUE DE LA COORDINATION SPATIALE : TÂCHE INDEXÉE VERSUS TÂCHE NON INDEXÉE

Maryse PARROT⁽¹⁾, Khaled FEZZANI⁽²⁾, Dominique CARDEBAT⁽¹⁾

⁽¹⁾ INSERM U455

Service de Neurologie, CHR. Purpan,
Place du Dr. Baylac – 31059 Toulouse Cedex

⁽²⁾ LARAPS

38 rue des 36 Ponts – 31062 Toulouse Cedex

Résumé

D'après de nombreuses études, la catégorisation (position de type dessus/dessous) et la coordination (distance entre deux objets) seraient deux processus dissociés du traitement spatial des informations visuelles. Cependant, l'examen des tâches de catégorisation et de coordination classiquement utilisées met en évidence une différence fondamentale entre ces deux tâches : dans les tâches de catégorisation il existe un indice perceptivement présent qui est absent dans les tâches de coordination. L'objectif de cette expérience est de tester si la dissociation catégorisation vs. coordination peut être attribuée à la présence ou à l'absence de cet indice. Ainsi, nous avons comparé les patterns de spécialisation hémisphérique obtenus dans une tâche de coordination indexée et dans une tâche de coordination non indexée. Les résultats montrent qu'en l'absence d'indice, une spécialisation de l'hémisphère droit dans le traitement de coordination est observée, résultats conformes à ceux obtenus dans la littérature, alors qu'en présence d'un indice aucun phénomène de latéralisation hémisphérique n'est observé. Les implications de ces résultats pour l'évaluation de la dissociation des traitements de catégorisation et de coordination sont alors discutées.

Abstract

A large number of studies revealed a dissociation between categorical (perception of above/below relations) and coordinate (perception of far/near relations) processes. However, a deeper analysis of the categorical and coordinate typically tasks used to study the dissociation, shows a fundamental difference: in categorical tasks there is a perceptual index which is absent in coordinate tasks. Hence, the aim of this study was to verify whether the observed dissociation between categorical versus coordinate processes attributed to the presence or the absence of this index. To answer the question, we designed two coordinate tasks in which subjects could or not observe an index. Results concern the patterns of hemispheric specialisation in the two tasks. Overall, when the perceptual index is absent, results indicate a dominance of the right hemisphere. This result corroborates many findings obtained in the literature. However, when the coordinate task does not involve any index no hemispheric dominance is observed. These results are discussed in terms of the dissociation between categorical and coordinate processes.

1. Introduction

Le traitement spatial des informations visuelles semble mettre en œuvre deux systèmes distincts : (1) la catégorisation, qui consiste à compartimenter l'espace (dessus/dessous, droite/gauche) et (2) la coordination, qui consiste à déterminer les propriétés métriques existant entre les objets. Plusieurs études ont permis de contraster ces deux systèmes à un niveau anatomique (pour une revue, voir Parrot, 1999 et Parrot *et al.*, à paraître) en montrant une tendance à une supériorité de l'hémisphère gauche (HG) pour le traitement de type catégoriel, alors que l'hémisphère droit (HD) serait dominant dans le traitement de coordination. La logique sous-jacente à cette opposition est que les conséquences comportementales de l'exécution de ces deux tâches, notamment concernant la spécialisation hémisphérique, reflètent la sollicitation de processus différents de traitement (catégorisation versus coordination).

Toutefois, comme le suggèrent les travaux récents de Bruyer *et al.* (1997), la mise en évidence des processus fondamentaux impliqués respectivement dans la tâche de catégorisation et dans la tâche de coordination a été fragilisée par la démonstration que certains facteurs mineurs (ou supposés l'être) tels que le type de réponse, le nombre de réponses, la visibilité des signaux,

influencent de manière importante les patterns de spécialisation hémisphérique. Parrot *et al.* (1999) ont également noté que les patterns de spécialisation hémisphérique des tâches de catégorisation et de coordination étaient sensibles à la difficulté des tâches. La question à l'origine de cette étude s'inscrit dans la même logique : il s'agit d'étudier l'impact, sur les patterns de spécialisation hémisphérique, de la présence d'un indice dans le stimulus.

A priori, pour mettre en évidence une dissociation entre deux types de traitements supposés distincts, on s'attend à ce que les tâches utilisées soient strictement équivalentes, à l'exception bien sûr des traitements sollicités par les instructions données par les expérimentateurs. À l'encontre de cette attente, l'analyse fine des tâches utilisées dans la majorité des travaux cités dans la littérature (Hellige et Michimata, 1989 ; Kosslyn, 1994) pour dissocier les traitements de catégorisation et de coordination spatiales, fait apparaître des différences importantes.

Ainsi, dans les tâches de catégorisation de type dessus/dessous, le sujet émet une réponse en analysant le rapport entre certains éléments critiques présents dans le stimulus, à savoir un point et une ligne. Ainsi, la présence d'une ligne peut être considérée comme un indice crucial permettant de compartimenter

immédiatement l'espace en deux catégories de type dessus/dessous. Ce découpage saillant de l'espace est susceptible de faciliter la sélection d'une réponse relative à la position du point par rapport à la ligne. Par contre, le même constat ne peut être formulé pour les tâches de coordination de type loin/près. En effet, le stimulus ne fournit pas d'indice ou de référentiel permettant de déterminer facilement si le point est loin ou près de la ligne. Ainsi, la sélection de la réponse appropriée (loin vs. près) s'effectue sur la base d'un référentiel arbitraire que le sujet a appris et mémorisé avant d'exécuter la tâche de coordination proprement dite.

Cela signifie que les résultats obtenus dans la littérature posent le problème de l'ambiguïté de l'interprétation : sur la même base de résultats, il est possible de formuler au moins deux interprétations non exclusives. En premier lieu, il est légitime de considérer que les résultats obtenus reflètent des différences profondes liées à la nature du traitement sollicité par chaque tâche, à savoir la compartimentation de l'espace (tâche de catégorisation dessus/dessous) ou l'estimation des distances (tâche de coordination loin/près). Les phénomènes de dissociation fonctionnelle mis en évidence à partir de la technique de présentation par hémichamp seraient alors une confirmation de cette interprétation. Cette dernière est adoptée par la majorité des travaux concernés à l'exception des travaux de Sergent (1991) et de Bruyer *et al.* (1997). Il est également possible de considérer que les résultats sont le reflet d'un déséquilibre entre les deux tâches expérimentales. Dans la tâche de catégorisation (dessus/dessous), les stimuli affichés procurent au sujet un indice perceptif immédiat qui lui permet de compartimenter aisément l'espace. En revanche, dans la tâche de coordination (loin/près), pour émettre une réponse correcte d'estimation de la distance, le sujet ne peut se baser sur un indice présent dans le stimulus affiché. Ainsi, il doit faire appel à un référentiel mémorisé avant l'exécution de la tâche qui lui permet d'estimer les distances. En d'autres termes, les phénomènes de dissociation obtenus entre les traitements de catégorisation et de coordination spatiales seraient contaminés par d'autres traitements liés aux processus de mémorisation et de sélection de la réponse.

L'objectif du présent travail est d'examiner cette seconde solution en essayant de répondre à la question de l'influence du déséquilibre, que nous venons d'exposer, entre les tâches de catégorisation et de coordination spatiales utilisées dans la littérature.

2. Expérimentation

Pour répondre à la question évoquée plus haut, nous avons conçu deux tâches de coordination spatiales dans lesquelles les sujets estiment si une forme donnée (par exemple un carré) est loin ou près d'une ligne. Dans les deux tâches, nous avons utilisé la technique de présentation par hémichamp. La première tâche de coordination est similaire à celle utilisée dans la majorité des travaux de la littérature (Hellige et Michimata, 1989). Avant d'exécuter cette tâche, le sujet reçoit des instructions concernant la distance de référence à partir de laquelle on considère comme « loin » ou comme « près » la distance séparant le carré de la ligne dans le

stimulus affiché. Le sujet doit alors mémoriser cette distance afin de pouvoir répondre correctement aux stimuli présentés. Nous qualifions cette tâche de « non indexée » dans le sens où le stimulus affiché ne fournit pas au sujet d'indice lui permettant de sélectionner la réponse appropriée. Dans la seconde tâche de coordination que nous qualifions d'« indexée », il s'agit également pour les sujets d'estimer la distance entre une forme et une ligne, toutefois, à l'opposé de la tâche de coordination non indexée, le sujet n'est pas obligé de mémoriser la distance de référence, puisque celle-ci est indiquée sur l'écran lors de chaque essai. Comme le montre la figure 2, il s'agit d'afficher au centre de l'écran une figure représentant un carré et une ligne horizontale. La distance entre les deux éléments est équivalente à la distance de référence utilisée dans la tâche de coordination non indexée. Ainsi pour émettre une réponse, le sujet a donc simplement à comparer la distance entre les éléments du stimulus cible affiché dans un des deux hémichamps avec la distance de référence caractéristique du stimulus affiché au centre. Les sujets répondent par loin ou près en se basant sur le fait que la distance entre les éléments présents dans le stimulus latéralisé est supérieure ou inférieure à la distance de référence présente dans la figure affichée au centre de l'écran.

A priori, la tâche de coordination indexée devrait faciliter la sélection de la réponse appropriée (loin/près) comparativement à la tâche de coordination non indexée. Ainsi, on s'attend à ce que les temps de latence soient plus courts dans la tâche indexée que dans la tâche non indexée. Par ailleurs, la question cruciale est donc de savoir si l'introduction d'un indice modifie simplement les performances générales (i.e., temps de réponse plus rapide), ou bien si cette introduction modifie également les patterns de spécialisation hémisphérique caractéristiques des tâches de coordination spatiales.

2.1. Méthode

2.1.1. Sujets

Quarante-huit sujets âgés de 20 à 36 ans (24 femmes et 24 hommes) ayant une vision normale ou correctement corrigée ont participé à l'expérience. La moyenne d'âge est de 28 ans. Douze hommes et 12 femmes ont participé à la tâche « non indexée » et 12 autres hommes et 12 autres femmes ont participé à la tâche « indexée ». Tous les sujets sont droitiers (score de dominance manuelle d'Edinburgh Supérieur à 80 pour chaque sujet).

2.1.2. Stimuli et matériel

Les stimuli sont présentés sur un écran dont le fond est blanc. Les stimuli (voir figure 1) sont un carré (8 x 8 mm) et une ligne horizontale noire (3 cm de long et 1 mm d'épaisseur). Le point de fixation est représenté par une croix noire (5 x 5 mm). Le carré est soit un stimulus cible (i.e., qui sollicite une réponse), soit un stimulus informatif de la distance.

Dans les deux tâches de coordination (indexée et non indexée), le carré cible peut apparaître selon six distances au-dessus de la ligne : trois à une distance de plus de 8 mm de la ligne (10 mm ; 12 mm ; 14 mm), trois à une distance de moins de 8 mm de la ligne (2 mm ;

4 mm ; 6 mm). Par contre, le carré informatif est localisé à une distance de 8 mm de la ligne et apparaît uniquement dans la tâche indexée. La distance de 8 mm par rapport à la ligne est appelée distance de référence.

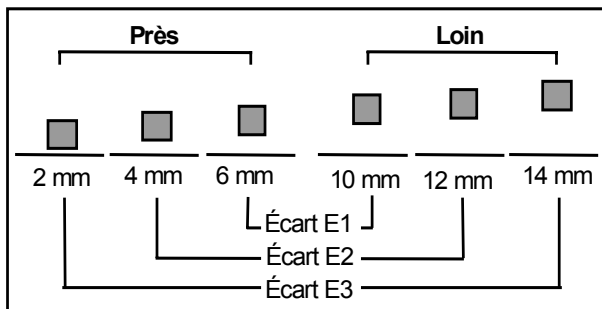


Figure 1 — Stimuli utilisés dans les deux tâches de coordination.

Quelle que soit la tâche de coordination, l'ensemble des distances utilisées peut être classé en trois catégories correspondant à trois écarts par rapport à la distance de référence (voir figure 1). Ainsi, l'écart minimal à la référence correspond aux distances présentant un écart de 2 mm par rapport à la distance de référence (distances de 6 et de 10 mm), cet écart est appelé E1. L'écart à la référence intermédiaire correspond aux distances présentant un écart de 2 fois 2 mm par rapport à la distance de référence (distances de 4 et de 12 mm), cet écart est appelé E2. Enfin, l'écart maximal à la référence correspond aux distances présentant un écart de 3 fois 2 mm par rapport à la distance de référence (distances de 2 et 14 mm), cet écart est appelé E3.

Dans les deux tâches de coordination, le point de fixation apparaît au centre de l'écran. Les stimuli sont présentés unilatéralement, soit dans le champ visuel droit (CVD), soit dans le champ visuel gauche (CVG). Dans la tâche de coordination indexée, le milieu de la ligne est au centre de l'écran. L'extrémité des lignes et le centre des carrés des stimuli cibles sont respectivement à 3° et 4,5° d'angle visuel du centre de l'écran.

2.1.3. Tâches

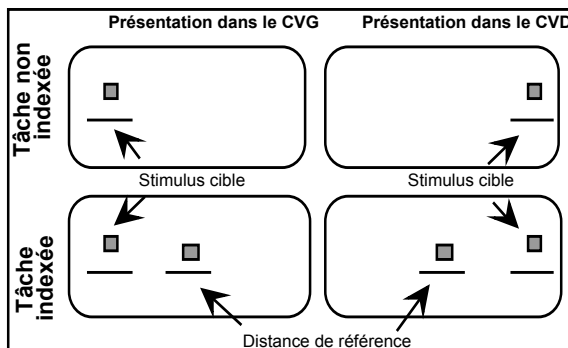


Figure 2 — Présentation des stimuli dans la tâche indexée et la tâche non indexée.

Tâche de coordination non indexée — Lors de chaque essai, le sujet perçoit un carré cible à une

distance particulière d'une ligne horizontale (voir figure 2). Le sujet doit répondre en appuyant sur l'une des touches correspondant à la distance « loin » (c'est-à-dire lorsque le carré cible est à plus de 8 mm de la ligne horizontale (14, 12 ou 10 mm)) ou à la distance « près » (c'est-à-dire lorsque le carré cible est à moins de 8 mm de la ligne horizontale : 2, 4, ou 6 mm).

Tâche de coordination indexée — Pour chaque essai, le sujet perçoit une configuration particulière de stimuli représentant un carré cible et un carré informatif, chacun associé à une ligne horizontale (voir figure 2). La tâche du sujet est alors d'indiquer, en appuyant la touche appropriée, si le carré cible est « plus loin » de la ligne que le carré informatif (distances du carré cible de 14, 12 ou 10 mm de la ligne horizontale) ou s'il est « plus près » de la ligne que le carré informatif (distance du carré cible de 6, 4 ou 2 mm de la ligne horizontale).

2.1.4. Procédure

Dans les deux tâches de coordination, un essai se présente sous la forme de la séquence suivante d'événements sur l'écran : un point de fixation pendant 300 ms, suivi du stimulus cible (pour la tâche non indexée) et des stimuli cible et informatif (pour la tâche indexée) pendant 150 ms. L'essai suivant apparaît 2 s après la réponse du sujet. Le temps de réponse est fixé à 3 s maximum, au-delà duquel l'essai suivant apparaît. Le nombre de présentations de stimuli est de 24, à savoir 12 par présentation visuelle (CVG et CVD).

2.2. Résultats

Le traitement statistique consiste en une ANOVA appliquée aux temps de réaction (TR) impliquant le facteur groupe Indexation à deux niveaux (tâche indexée vs. tâche non indexée) et les facteurs à mesures répétées Champ Visuel à deux niveaux (CVD vs. CVG), Écart à la référence à trois niveaux (E1, E2, E3).

L'analyse révèle un effet significatif des facteurs Indexation ($F(1, 46) = 4,864, p < .05$) et Écart à la référence ($F(2, 92) = 50,021, p < .0001$). En accord avec nos attentes, l'effet du facteur Indexation montre que les TR sont plus courts dans la tâche indexée (400 ms) que dans la tâche non-indexée (480 ms). Le facteur Écart à la référence a révélé un effet classique qui se manifeste par une augmentation des TR lorsque l'écart par rapport à la référence diminue ($E3 = 381$ ms, $E2 = 421$ ms et $E1 = 518$ ms). Cette augmentation traduit une augmentation de l'exigence de la tâche d'estimation des distances.

L'effet du Champ Visuel ainsi que l'ensemble des interactions de second niveau se sont révélés non significatifs ($p > .1$). Toutefois, l'analyse a mis en évidence une triple interaction entre les facteurs Indexation X Champ Visuel X Écart à la référence, ($F(2, 92) = 5,715, p < .01$).

Comme le montre la figure 3, dans les deux tâches de coordination, pour l'écart E3, qui correspond à la difficulté la plus faible, la présentation des stimuli dans le CVD donne lieu à des TR plus courts que la présentation dans le CVG. En d'autres termes, pour l'écart E3 on observe dans les deux tâches une supériorité de l'HG. Par contre, pour l'écart E2, qui correspond à la difficulté intermédiaire, on observe une différence entre les deux versions.

Ainsi, dans le contexte de la tâche de coordination indexée, on assiste à un avantage de l'HD reflété par des TR plus courts lorsque la figure est présentée dans le CVG que dans CVD (respectivement 359 ms et 395 ms). Par contre, dans le contexte de la tâche de coordination non-indexée, on observe aucun phénomène de dominance hémisphérique. Les TR caractéristiques du CVG et CVD sont respectivement 463 ms et 468 ms. Enfin, comme le montre la figure 3, pour l'écart E1 qui correspond au niveau de difficulté le plus élevé, le constat que nous pouvons formuler est à l'opposé de celui formulé pour l'écart E2. Ainsi, dans la tâche de coordination non indexée, on assiste à un avantage de l'HD qui est révélé par des TR plus courts lors de la présentation dans le CVG (535 ms) que lors de leur présentation dans le CVD (575 ms). Par contre, dans la tâche de coordination indexée, on observe seulement un très léger avantage de l'HG avec des TR plus rapides lors de la présentation des stimuli dans le CVD (474 ms) par rapport à la présentation dans le CVG (489 ms).

phénomène de spécialisation hémisphérique était conforme à celui obtenu dans la littérature (Kosslyn, 1994). Ce résultat n'est pas surprenant étant donné que la tâche est similaire à celle utilisée dans les diverses études qu'offre la littérature. Par contre, fait intéressant, l'introduction d'un indice dans la tâche de coordination a modifié, comme le montre la figure 3, le profil de spécialisation hémisphérique.

Quelle est la signification fonctionnelle de l'introduction d'un indice dans la tâche de coordination ? Les TR réduits obtenus dans la tâche indexée semblent indiquer une modification des processus sollicités par la tâche. Dans la tâche non indexée, les sujets doivent comparer la distance observée lors d'un essai donné avec la distance de référence, mémorisée avant l'exécution de la tâche. En d'autres termes, les processus mnésiques jouent un rôle importants pour sélectionner la réponse appropriée. Par contre dans la tâche indexée, la distance de référence est une donnée perceptive immédiate. Pour émettre une réponse correcte, les sujets effectuent ainsi une comparaison perceptive immédiate entre les deux distances. Ce mode opératoire permet d'économiser le temps d'accès à la mémoire pour actualiser la distance de référence et justifierait ainsi les TR réduits obtenus dans la tâche indexée.

Cette modification du mode opératoire sollicité par la tâche de coordination indexée, comparativement à la tâche non indexée, expliquerait la modification du profil de spécialisation hémisphérique. Le changement du profil caractéristique de la tâche de coordination est un phénomène très important dans la mesure où la spécialisation hémisphérique est considérée comme l'argument fondamental de la dissociation entre les traitements de coordination et de catégorisation. Cela signifie que les phénomènes de dissociation entre ces deux traitements spatiaux ne s'observent qu'en présence d'une tâche non indexée. L'introduction d'un indice dans la tâche de coordination fait ainsi disparaître ces phénomènes de contrastes observés dans la littérature. À l'exemple des travaux de Bruyer *et al.* (1997), la présente étude semble indiquer que la dissociation des traitements de catégorisation et de coordination spatiales manque de robustesse et semble être très sensible à la modification de certains paramètres expérimentaux.

Conclusion

L'un des principes fondamentaux du fonctionnement cérébral est la « division du travail » (Kosslyn et Koenig, 1992). Ce principe consiste à associer pour des traitements antagonistes des structures différentes. Par exemple, dans le cas précis du traitement visuel des informations spatiales, des études ont montré que l'HG présentait une supériorité pour la catégorisation, alors que l'HD présentait une supériorité pour la coordination. Cependant, le phénomène de spécialisation hémisphérique, témoin de l'existence d'un support neuroanatomique différent entre les traitements de catégorisation et de coordination spatiales, semble sensible à certains paramètres expérimentaux. En effet, les résultats obtenus dans la présente étude suggèrent l'idée d'une fragilité des conditions expérimentales permettant de contraster, neuroanatomiquement et, par conséquent, fonctionnellement, les opérations de

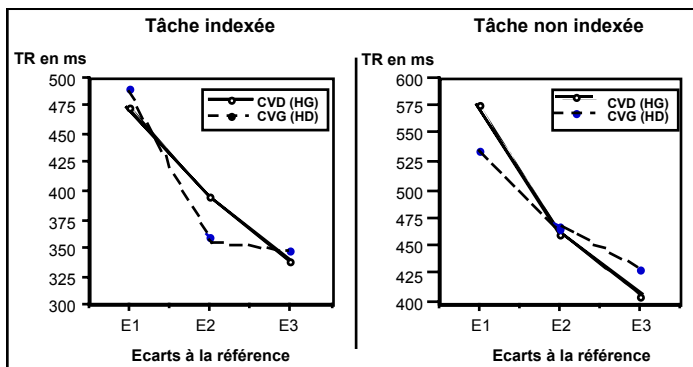


Figure 3 — Moyenne des TR en ms en fonction des tâches (indexée vs. non indexée), des champs visuels de présentation (CVD vs. CVG) et des écarts à la référence (E1, E2 et E3).

3. Discussion

L'objectif de cette étude était de vérifier si l'introduction d'un indice dans une tâche de coordination spatiale modifie, non seulement, les performances générales reflétées par des TR plus rapides, mais également, le phénomène de spécialisation hémisphérique caractéristique de cette tâche. Ainsi, nous avons comparé les TR obtenus dans une tâche de coordination indexée avec ceux obtenus dans le contexte d'une tâche de coordination non indexée. Deux contextes peuvent être dégagés de cette étude.

En premier lieu, et en accord avec nos attentes, la présence d'un indice dans une tâche de coordination, semble jouer un rôle important en facilitant, à l'exemple des tâches de catégorisation, la détermination de l'emplacement de l'objet par rapport à la ligne. En effet, les TR sont systématiquement plus courts dans la tâche de coordination indexée que dans la tâche non indexée.

Le second point concerne les profils de spécialisation hémisphérique obtenus pour les deux tâches de coordination. Ainsi, pour la tâche non indexée, le

catégorisation et de coordination spatiales. Cette observation impose donc la prudence dans l'interprétation des données de spécialisation hémisphérique en termes de dissociation des traitements de catégorisation et de coordination.

Bibliographie

[Bruyer et al., 1997] Bruyer R., Scailquin J-C., Coibion P. (1997). Dissociation between categorical and coordination spatial computations: modulation by cerebral hemispheres, tasks properties, mode of response, and age. *Brain and Cognition*. 33, 245-277.

[Hellige et Michimata, 1989] Hellige J. B., Michimata C. (1989). Categorization versus distance: hemispheric differences for processing spatial information. *Memory & Cognition*. 17(6), 770-776.

[Kosslyn, 1994] Kosslyn S. M. (1994). *Image and Brain: The resolution of the imagery debate*. MIT Press : Cambridge.

[Kosslyn et Koenig, 1992] Kosslyn S., Koenig O. (1992). *Wet Mind: The new cognitive neuroscience*. The Free Press : New York.

[Parrot, 1999] Parrot M. (1999). Spécialisation hémisphérique des opérations de catégorisation et de coordination dans le traitement visuel des informations relatives aux objets et à l'espace. Approche comportementale et électroencéphalographique. Thèse de Doctorat. Université Paul Sabatier, Toulouse.

[Parrot et al., 1999] Parrot M., Doyon B., Démonet J-F., Cardebat, D. (1999). Hemispheric preponderance in categorical and coordinate visual processes. *Neuropsychologia*. 37, 1215-1225.

[Parrot et al., à paraître] Parrot M., Fezzani K., Cardebat D. (à paraître). Fonctions et substrats neuroanatomiques dans le traitement spatial des informations visuelles. *La Revue de Neuropsychologie*.

[Sergent, 1991] Sergent J. (1991). Judgments of relative position and distance on representations of spatial relations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 91, 762-780.

