

Stratégies cognitives d'orientation spatiale

Séminaire au *Collège de France* (20 et 21 mai 2003).

Ce séminaire avait pour but de confronter les données de la psychologie expérimentale, de la physiologie, et de l'ethnologie, sur les questions d'orientation spatiale. Il était organisé par deux laboratoires du Collège de France : le LPPA (*Laboratoire de physiologie de la perception et de l'action*) de A. Berthoz, et le LAS (*Laboratoire d'anthropologie sociale*) de P. Descola.

L'objectif était de comprendre comment les gens s'orientent dans leurs déplacements, ce qui devait aborder des enjeux touchant aux aides à la conduite, à la pertinence de la signalisation, et à la lisibilité de l'espace public en ville.

Le point de départ, qui a motivé ce séminaire, est que les mécanismes neuro-biologiques sont communs à tous les humains, mais qu'ils sont « codés » différemment selon les cultures et selon les individus. Les grandes questions qui se posent concernent le référentiel dans lequel se font les déplacements (ego-centré ou allo-centré), le rôle du langage dans les représentations de l'espace, l'opposition entre la représentation globale de l'espace et la représentation séquentielle des trajets, enfin l'unité des référentiels spatiaux.

On résume ci-dessous les principales interventions, en parcourant diverses disciplines impliquées : psychologie expérimentale, physiologie, données animales, ethnologie.

1. M. Denis (LIMSI, CNRS) : l'aide au déplacement des piétons

Il se demande quelles sont les informations pertinentes pour aider un piéton à se déplacer. Le contexte est celui du choix des instructions pour des « aides à la conduite » de piétons. Plusieurs stratégies sont possibles: se baser sur des repères (lesquels ?) ; sur des informations de direction, de longueur des segments de trajet ; sur des noms de rues.

Une expérimentation est détaillée. Le protocole consistait à donner des instructions pour aller (par exemple) de l'Opéra Bastille à la maison de Victor Hugo, à laisser le sujet (qui ne connaissait pas l'endroit) faire le trajet, puis à lui faire formuler les instructions pour aider d'autres personnes à faire ce trajet. Le rôle de la familiarité avec le site n'a pas été abordé.

A partir de l'analyse du discours de sujets, on distingue un discours descriptif et un discours prescriptif. On remarque l'utilité du discours encyclopédique pour matérialiser les repères, et l'importance des instructions de récupération d'erreur. Il y a une forte variabilité d'une personne à l'autre, avec une prédominance des repères sur les instructions géométriques (80% des énoncés). Ces repères se situent essentiellement au début, à la fin et aux nœuds, mais également là où il « ne faut pas tourner ». L'utilité d'un résumé du parcours au début des instructions a été démontré. Le point critique est l'orientation de départ. On observe un stress en cas de segment rectiligne trop long sans repère. La meilleure efficacité des repères par rapport aux noms de rues a également été établie.

L'intervenant conclue à un statut privilégié des repères sur les autres modes de guidage, ce qu'il explique par le fait qu'il utilise un modèle visuel de scènes construit par anticipation.

2. J. Vauclair (Université de Provence) : la désorientation spatiale

La question étudiée est la flexibilité en cas de désorientation spatiale, c'est-à-dire la ré-orientation. L'expérimentation canonique consiste à mettre une boîte dans chaque coin d'une pièce rectangulaire, et un objet dans l'une des boîtes. On désoriente le sujet (en le faisant tourner sur lui-même), et il doit retrouver la boîte dans laquelle se trouve l'objet.

La stratégie standard (adoptée par le rat, le poussin, le poisson et l'humain) consiste à repérer une grande paroi à gauche, et une petite paroi à droite, ce qui aboutit à un taux d'erreur de 50%. On peut aider le sujet en disposant un mur de couleur différente (ici bleu), ce qui aboutit à un taux d'erreur très faible pour des humains adultes, mais qui est de peu d'utilité pour des enfants. L'hypothèse (validée) est qu'il y a une corrélation (pour les humains) avec la maîtrise du langage sur les notions de gauche et droite.

On a observé qu'un « distracteur » verbal empêche de résoudre le problème. De plus, les macaques sont meilleurs que les humains: même les jeunes savent utiliser le mur bleu. Mais ils n'utilisent pas les repères de petite taille.

On peut faire différentes expériences du même type dans une pièce ronde. Ce qui en ressort, c'est que les capacités précoces de navigation dépendent des surfaces extérieures permanentes, pas de la géométrie des objets.

L'hypothèse finale est que le langage a un effet structurant sur la cognition, mais il a aussi des conséquences négatives sur l'orientation.

3. S. Wiener (LPPA, CdF): la navigation

La navigation est définie comme l'action de planifier et suivre un parcours vers un but. La notion de carte cognitive a été proposée en 1948 ; c'est une modélisation du fonctionnement cognitif, qui inclut la représentation spatiale des déplacements.

On distingue plusieurs stratégies de déplacement possibles : la « commande motrice », stratégie ego-centrée, robuste, mais qui conduit à une accumulation d'erreurs ; le déplacement relatif, du type « s'approcher de, éviter », qui est allo-centré, basé sur des repères, qui manque de flexibilité si le trajet prévu n'est pas possible ; enfin la planification, qui consiste à utiliser un plan, qui est allo-centré, lourd sur le plan cognitif, mais qui a l'avantage de permettre de découvrir des raccourcis.

Parallèlement, on distingue plusieurs stratégies de navigation : la navigation à l'estime (comme en marine): c'est un calcul rationnel, avec accumulation d'erreurs ; la navigation séquentielle, topologique, qui utilise une orientation locale à partir de repères locaux ; et la navigation par points de vue, à partir de repères connus à l'avance et situés dans l'espace.

Un ensemble d'indices sensoriels (les repères visuels, le flux optique, le système vestibulaire (accélérations), les commande motrices, la proprioception, l'odorat, l'audition, la gravité) contribuent à une représentation spatiale globale, unique.

On a découvert récemment l'existence de neurones spécifiques, qui sont peut-être les fondements physiologiques des cartes cognitives internes : des « neurones de direction », actif pour une orientation donnée de la tête ; des « neurones de lieu », actif lorsque la personne (ou le rat) est en un lieu donné (et connu) ; « neurone de regard »: actif lorsque la personne (mais pas le rat) regarde un point donné. Ces « neurones de direction » ne constituent pas une boussole interne, ils sont liés à un repère local. Les éléments de construction de ce repère sont pris le plus loin possible. L'hypothèse est qu'ils sont pris le plus stables possible par rapport aux déplacements. On sait également que ces neurones spécifiques sont plus actifs en situation active (conducteur) que passive (passager).

Le cadre de référence des déplacements semble défini par les structures les plus stables de l'environnement visuel. Plus l'environnement est complexe, plus les repères stables sont rares (forêt vierge, milieu urbain dense), et plus la représentation par itinéraires a d'avantage sur la représentation globale.

4. F. Schenk (Université de Lausanne): les rats

On s'intéresse à la hiérarchie des modalités sensorielles (voir, sentir, entendre) chez le rat, à partir d'une expérimentation canonique. Un « labyrinthe » est constitué d'une étoile à 8 branches, avec à chaque bout une « récompense », plus ou moins attrayante pour le rat. Celui-ci peut se repérer à partir de différents indices, visuels, auditifs ou odorants ; sur le plan visuel, les indices peuvent être dans le labyrinthe lui-même ou dans la pièce où celui-ci est installé.

On observe que dans le noir, les rats sont plus performants que dans des couloirs blancs tous identiques, ce qui s'explique par le fait qu'ils cherchent des indices visuels alors qu'il n'y en a pas, et qu'ils sont alors moins attentifs aux autres indices (auditifs ou olfactifs) que dans le noir, où ils se concentrent sur ces derniers. On constate que trois diodes lumineuses suffisent au rat pour se repérer, ou 1 diode et 2 sources sonores.

On observe que selon l'âge, la hiérarchie des sens n'est pas la même. Il semble que les repères olfactifs fonctionnent plus tôt, et servent de cadre d'apprentissage pour les repères visuels.

Concernant la présence de « cartes cognitives » dans l'hippocampe, la question se pose de savoir s'il s'agit d'un codage spatial ou d'un codage relationnel. On observe une croissance (en taille relative) de l'hippocampe au cours de l'évolution (des rats aux primates) et une spécialisation sexuelle (hormonale). L'hippocampe droit plutôt allo-centrique chez l'homme.

Il est proposé de distinguer deux types de représentations de l'espace. Le premier est lié à l'environnement proche, il est sensible au mouvement ; il correspond à un codage spatial de l'espace. Le second est lié à l'environnement lointain, il est sensible aux gradients ; il correspond à un codage directionnel. Chaque système est adapté à des besoins spécifiques selon l'espèce, la situation, la tâche. La préférence pour l'un ou pour l'autre doit être envisagé dans la perspective Darwinienne d'avantage évolutif pour chaque espèce dans son milieu : par exemple, le codage directionnel est lié à la perception de gradients pendant un mouvement (chaleur, odeur, pression, taille d'une proie ou d'un prédateur, etc.). On remarque que pour la plupart des poissons, il n'y a pas d'indices fixes, ce qui fait que le système directionnel est plus utile. Cette observation suggère que le système positionnel serait apparu plus tard que le système directionnel dans l'évolution des espèces.

5. S. Lambrey (LPPA, CdF): la latéralisation du cerveau

On s'intéresse aux différences entre les stratégies de déplacement allo-centrées et ego-centrées. La représentation d'un déplacement comme trajet, c'est-à-dire comme séquence ordonnée de repères, est ego-centré. La représentation comme « carte » suppose un environnement perçu globalement, et la possibilité d'inventer des raccourcis. Elle suppose également une fusion de points de vue différents en une seule représentation.

La découverte des « cellules de lieu », des « cellules de regard », a conduit à l'hypothèse de cartes cognitives dans le cerveau. On sait par ailleurs que l'hippocampe a un rôle dans la mémorisation, l'hippocampe droit étant plutôt allo-centrique, impliqué dans la mémoire spatiale, et l'hippocampe gauche étant plus impliqué dans la mémoire verbale.

Une expérimentation a consisté à proposer une tâche cognitive à 3 groupes de patients: un groupe de référence, et des patients atteints de lésions du lobe temporal gauche (LTL) ou droit (RTL). Le résultat est qu'il semble que les représentations de type « trajet » sont situées dans l'hippocampe gauche, et les représentations de type « carte » dans le droit.

Cela a conduit à distinguer deux stratégies de représentation de sa propre position : une stratégie visuo-spatiale (métrique, par rapport à un plan), liée à l'hippocampe droit, et une stratégie catégorielle (topologique, par rapport à des repères) liée à l'hippocampe gauche.

En conclusion, il y a concurrence entre plusieurs stratégies de navigation, la meilleure stratégie dépendant de la tâche, des repères disponibles, et du contenu émotionnel. La représentation métrique (carte) est plus difficile, et semble utilisée de manière transitoire, pour résoudre des problèmes. Mais dès qu'une solution a pu être adaptée à une représentation catégorielle, elle semble utilisée en priorité.

6. B. Glowczewski (LAS, CdF): les aborigènes australiens du désert

Pour les aborigènes australiens vivant dans le désert, les unités métriques sont sans utilité pour représenter des distances : c'est le temps de parcours qui est utilisé.

Dans un paysage très pauvre en indices visuels, ils ont construit un système global de correspondance qui intègre les trajets dans leur univers mythologique. Les trajets sont des « itinéraires mythiques » incarnés dans le paysage. Ils ne sont pas matérialisés, il faut donc les « apprendre ». Ces itinéraires forment un réseau complexe de « routes » invisibles, dans le désert. De ce fait, le territoire est envisagé comme un graphe, avec des relations topologiques. L'orientation dans le désert n'est pas ego-centrée mais allo-centrée, mais relativement à ce graphe plutôt qu'à la géographie.

7. N. Revel (LMS, CNRS): les Palawan des Philippines

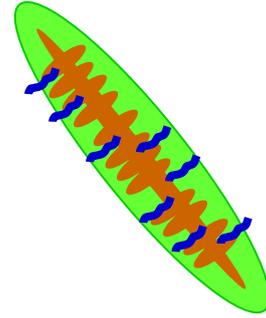
Les Palawan vivent sur une île de forme allongée, avec des crêtes de montagnes en arrête de poisson (Cf. schéma).

Le vocabulaire des déplacements est allo-centré, basé sur des notions géographiques :

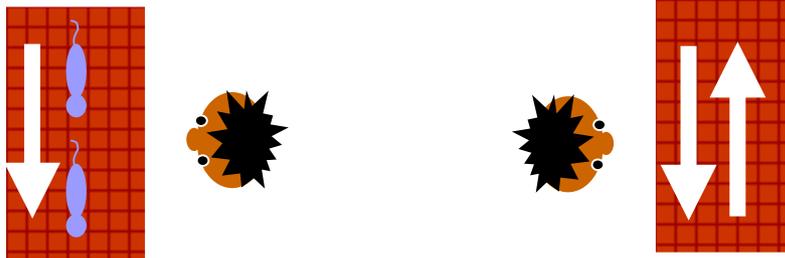
- « daya »: le haut, la source, la montagne, l'intérieur ;
- « napan »: la plaine, en bas, le littoral ;
- « dipag »: d'une rive à l'autre, d'une île à l'autre, d'une vallée à l'autre.

Par contre, le référentiel du chasseur à la sarbacane est complètement différent de celui du marcheur : il est décentré, le chasseur se projetant « dans la peau » de l'oiseau.

Sur le plan linguistique, on observe que la visibilité réciproque est inscrite dans la situation d'énonciation. Par exemple, on distingue un objet « visible pour moi », « visible pour toi », « visible pour nous », « invisible » ; on distingue également un objet « loin de moi », « loin de toi », « loin de nous ».



8. M.-N. Chamoux (LMS, CNRS): les Nahuas du Mexique



On cherche ici à savoir si certains aspects de la représentation de l'espace sont plus ou moins universels, ou liés à la culture et à la langue. On est en présence de deux théories contradictoires, celle de Piaget qui considère que la représentation de l'espace est centrée sur *ego* au début du développement de l'enfant, et celle de Levinson, pour qui elle est structurées par le langage.

L'expérimentation canonique consiste (Cf. Schéma) à disposer des animaux orientés sur une table, et à demander au sujet de les replacer « de la même façon » sur une autre table, située derrière lui. Il peut donc les orienter de la même façon dans un repère absolu (auquel cas il raisonne dans un référentiel allo-centré) ou dans un repère relatif (auquel cas il raisonne dans un référentiel ego-centré).

On a constaté chez des enfants Nahuas au Mexique, que entre 5 et 14 ans, il y a de moins en moins de références « absolues » dans le discours, ce qui a conduit à l'hypothèse selon laquelle l'ego-centrisme s'apprend. Cela dit, il n'y a pas toujours de cohérence entre ce que les enfants font et ce qu'ils disent (du point de vue du référentiel spatial !), ce qui conduit à dire que l'hypothèse de Levinson est trop rigide. On a observé, plus généralement, que le discours des enfants s'adapte à l'idée qu'ils se font de l'*habitus* de leur interlocuteur.

Cette expérimentation comportait une difficulté linguistique: les catégories espagnoles (*abajo*, *debajo*) sont autocentrées, mais la traduction en nahuatl recouvre 8 termes différents, ego-centrés ou allo-centrés. Cette langue comporte, en outre, deux notions de « dehors »: un dehors proche (« la cour ») et un dehors lointain (« au-delà »). Cette distinction évoque un parallèle en neuro-psychologie: l'espace de la préhension et de la locomotion, et l'espace de l'environnement lointain.