UNIVERSITE CLAUDE BERNARD – LYON I
PSYCHOBIOLOGIE DES COMPORTEMENTS

Etude de la conscience de l'action lors de mouvements volontaires et lors de mouvements dirigés chez des sujets normaux

Mémoire
Présenté le 29 juin 2000
Par Bertrand DURANTET

Travail réalisé à l'Institut des Sciences Cognitives
CNRS UPR 9075 67, bd Pinel 69675 BRON Cedex,
sous la direction du Dr. Nicolas FRANCK

1999 / 2000

PLAN

INTRODUCTION p.3

METHODES p.6

A) Sujets p.6

1) Critères généraux
2) Critères d'inclusion
3) Critères d'exclusion

B) Dispositif expérimental p.6

C) Protocole expérimental p.7

RESULTATS p.7

DISCUSSION p.8

CONCLUSION p.9

REFERENCES p.10

INTRODUCTION

Du latin « actio », l'action est communément définie comme étant « la faculté d'agir, de manifester sa volonté en accomplissant quelque chose » . (Petit Larousse, 1993). Aussi, sur le plan de la motricité, n'y a t-il pas d'acte sans action : un acte seul est un mouvement. De plus, l'action est un des piliers du comportement animal et humain ; en effet, le comportement se définit comme un ensemble d'actions. La notion de « volonté » - apportée par la définition – interdit de considérer une action comme étant seulement un comportement donné ; il faut tenir compte des phénomènes à la fois biologique, neurologique et psychologique pour étudier de manière objective l'élaboration et la mise en œuvre des actions.

La neuropsychologie cognitive considère à la fois chacun de ces trois éléments. Elle explore les données somatiques à la base de notre expérience et de notre comportement, i.e. analyse la façon dont les états et processus de notre corps produisent et contrôlent le comportement et la cognition, et comment en retour, le comportement et la cognition agissent sur le support somatique – en particulier, le cerveau. Elle établit ainsi des liens entre une lésion et un déficit comportemental.

Au sens classique, le terme de « représentation » désigne une vue, une image, que l'esprit se fait de la réalité ; ainsi, grâce à elles, l'homme se construit, depuis la naissance, et se situe par rapport aux objets qui l'entourent : les représentations sont à l'origine de sa perception extérieure. D'autre part, se représenter son corps, en tant qu'objet, c'est prendre conscience de soi. Il en est de même pour les personnes qui nous entourent. Mais comment distinguer ces diverses représentations ? A la base du problème de la conscience de soi et d'autrui, une question fondamentale se pose : quels sont pour un sujet donné les mécanismes permettant l'attribution des actions exécutées ou observées à leurs auteurs respectifs (c'est-à-dire le sujet lui-même ou autrui) ?

L'étude et l'élaboration du modèle de l'action sont facilitées par les techniques d'imagerie fonctionnelle cérébrale (Tomographie par Emission de Positon ou TEP et Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle ou IRMf). Ces méthodes permettent d'avancer dans les études et d'affirmer certaines théories, sans cesse remises en question. Cependant, bien qu'étant un reflet de l'action, l'imagerie motrice souligne le fait que l'on ne puisse pas s'intéresser uniquement aux comportements, sans tenir compte des activations neuronales associées.

Ainsi, si on s'intéresse à la part mentale de l'action, on s'aperçoit que l'activité cérébrale liée à la seule représentation d'une action est à 80% identique à l'activité cérébrale impliquée pour exécuter le même mouvement (Decety et coll., 1994 ; Parsons et coll., 1995) ; la seule différence étant l'inactivation de l'aire motrice A4. Ainsi, simuler mentalement une action, la maintenir au stade de préparation (intention, projet) ou l'exécuter ont en commun l'élaboration d'une même représentation. En neuropsychologie, on nomme « représentation motrice » un pattern d'activation neuronale précis, responsable d'un état particulier, dont l'action est la résultante.

Ainsi, la conscience n'interviendrait pas dans la production des représentations, mais dans l'exécution de l'action. L'encodage est ainsi contemporain de l'intention. Donc, une

représentation peut rester au stade d'intention, sans que le sujet en ait ainsi forcément conscience.

Si l'on considère cette question du point de vue des relations sociales, les représentations motrices deviennent fondamentales dans les relations humaines, aussi bien dans la communication que dans l'apprentissage. Deux systèmes fonctionnent probablement de façon complémentaire :

+ Les représentations motrices partagées :

Il s'agit de représentations communes à soi et à autrui. En effet, des études neurophysiologiques (Rizzolatti, 1996) ont mis en évidence l'existence de neurones (appelés « neurones miroirs ») qui s'activent lorsqu'un singe se prépare à exécuter une action, mais aussi lorsque le singe observe cette même action exécutée par un expérimentateur.
Ainsi, si l'on admet l'existence de tels neurones chez l'homme, on peut postuler que c'est en prenant conscience de l'action d'autrui, en se représentant ses intentions, buts et états mentaux, en l'observant et en l'imitant, que l'Homme a appris à communiquer, à s'enrichir intellectuellement, et ainsi, à évoluer. Ces représentations partagées constituent le fondement de l'intersubjectivité ; par une traduction systématique en représentation motrice, c'est ainsi comprendre la signification d'une action exécutée par autrui, en intériorisant son expérience dans ses propres représentations (Jeannerod, 1997).

+ La distinction entre soi et autrui :

Cette deuxième fonction ne concerne plus cette indistinction entre soi et autrui, mais permet de se distinguer d'autrui, en comparant nos actions aux siennes. En effet, il faut bien différencier les représentations motrices endogènes, dites « auto-générées », des représentations motrices exogènes.

Dans ce cadre, le modèle de Frith (Frith, 1992) décrit un système de contrôle – un comparateur – dont le rôle est de confronter les réafférences sensorielles avec le plan initial de l'action. Ce plan moteur provient d'un générateur d'action, qui émet, en parallèle, une copie, appelée « copie d'efférence » ; cette dernière permettra ainsi, après comparaison, de rétablir ou non le mouvement, par exemple. Cependant, la copie n'existe pas dans les mouvements passifs ; il n'y a pas d'anticipation possible, et donc, pas de correction.

Cette théorie permet d'expliquer certains symptômes schizophréniques, comme étant dus à une absence de décharge corollaire ; ainsi, le système de contrôle ne reconnaîtrait pas l'action exécutée et considérerait la représentation motrice endogène comme étant d'origine extérieure : la fonction de différenciation serait ainsi inopérante (Daprati et coll., 1997 ; Franck et coll., 1998). Cela pourrait se traduire par des hallucinations verbales, des idées délirantes d'influence, etc.

L'action occupe une place importante dans la communication entre les individus, ainsi que dans l'apprentissage : déterminer l'agent de l'action est donc essentiel à la distinction entre soi et autrui.

Afin d'étudier le schéma neuronal impliqué dans l'attribution de l'action, une discordance entre les informations centrales (générateur de l'action) et les voies périphériques (sensitives et visuelles) a été introduite lors d'une tâche motrice simple. Ne pouvant agir sur les premières, un dispositif a été conçu pour modifier les deuxièmes, au niveau visuel. Lors de cette discordance, plusieurs conflits viennent moduler le jugement :

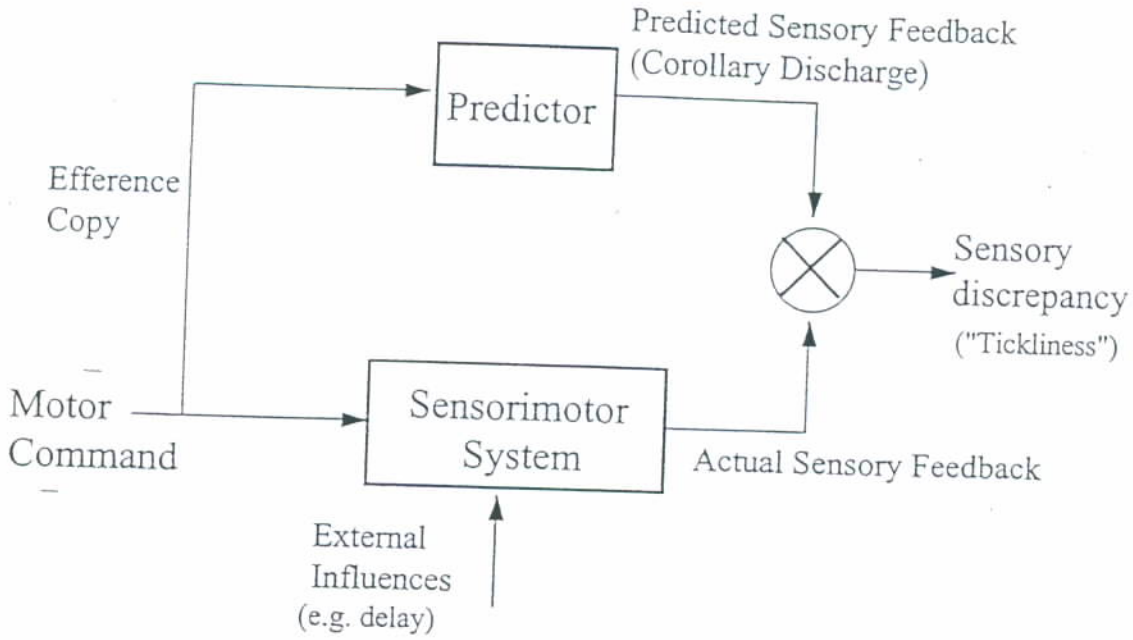


Fig.1 : Modèle interne de l'action (Frith CD., 1992)

- Premier conflit : réafférences visuelles anticipées lors de la préparation de l'action (Frith, 1992) et afférences visuelles obtenues lors de l'exécution de l'action. (cf. modèle interne de Frith)
- Deuxième conflit : afférences proprioceptives et afférences visuelles obtenues lors de l'exécution de l'action.

Pour analyser les mécanismes sous-tendant la prise de conscience de l'action, des mouvements passifs (dirigés par un expérimentateur) ont été utilisés. Ils permettent d'éliminer les réafférences sensorielles, car dans ces conditions, le sujet n'élabore plus de représentations motrices. Ainsi, en présence de biais temporels ou angulaires, dans la condition passive, le jugement de discordance résultera d'une confrontation entre les réafférences proprioceptives et les afférences visuelles, obtenues lors de l'exécution de l'action.

Deux hypothèses sont émises :

. Si les valeurs obtenues sont significativement identiques dans les conditions active et passive, alors pourra-t-on suggérer que le jugement de discordance repose principalement sur une comparaison entre les afférences sensorielles de l'action (visuelle et proprioceptive).

. Si les valeurs obtenues sont différentes (en supposant que les valeurs issues de la condition passive soient supérieures), il sera possible d'infirmer la première hypothèse et de penser que le jugement de discordance résulte bien d'une confrontation entre les afférences visuelles et les réafférences visuelles anticipées du modèle interne de l'action.

I) METHODES

A) Sujets

1) Critères généraux

Le recrutement des sujets s'est fait au sein de l'Institut des Sciences Cognitives (CNRS), lieu où s'est déroulé l'expérience. Vingt-deux sujets normaux (11 hommes et 11 femmes) ont été retenus. Ils ne présentaient pas d'antécédents psychiatriques personnel ou familial. Tous avaient une vision normale (avec ou sans correction).

Avant de débuter l'expérience, la préférence manuelle des sujets a été déterminée par le questionnaire d'Edinburgh – cf. annexe - (Oldfield, 1971) : 21 étaient droitiers et un, gaucher (moyenne : 84,1 ; écart type : 38,1 ; médiane : 90,5). Ils avaient 28,2 ans en moyenne (écart type : 7,1 ; min : 21 ; max : 41 ; médiane : 24,5). Ils avaient validé en moyenne 16 années d'études à partir de l'apprentissage de la lecture (écart type : 2,5 ; min : 9 ; max : 20 ; médiane : 16).

2) Critères d'inclusion

- sexe masculin ou féminin
- âge compris entre 18 et 65 ans

3) Critères d'exclusion

- présence des critères DSM IV (American Psychiatric Association, 1994) de trouble dépressif majeur, de trouble mental organique ou d'une conduite d'addiction (alcoolisme, toxicomanie) dans les six mois précédents. L'instrument utilisé dans un but diagnostic était le MINI (Sheehan et coll., 1997).
- traitement par sismothérapie et autres psychotropes (benzodiazépines, anti-histaminique, normothymique, anti-dépresseur).
- présence d'un trouble perceptif (vision-audition) pouvant gêner la réalisation du protocole.
- présence d'antécédents d'affections neurologiques, quelles qu'elles soient.

B) Dispositif expérimental

Sur une table, soutenant le dispositif, était placée une manette de jeu, fixée par des ventouses (cf. fig.2). Le sujet devait adapter sa position : régler la hauteur de son siège et mettre son coude dans le prolongement de la manette. Un tissu noir, fixé à une armature métallique – soutenant un moniteur informatique – venait masquer sa main. Une main virtuelle s'y substituait, que le sujet voyait dans un miroir, placé 18 cm au-dessus de la manette ; l'image provenait d'un écran – dirigé vers le bas - situé 31 cm au-dessus de ce miroir, le tout, masqué par un tissu noir (cf. fig.3).

L'expérience débutait après que le sujet ait posé son front sur un coussin de mousse (fixé à l'armature) et entendu les consignes.

Une tige métallique pouvait être accrochée à la manette, permettant au sujet de subir les mouvements ; elle coulissait dans une lame perforée, maintenue à l'horizontale – prenant appui sur les pieds du dispositif – et se terminait par un anneau.

ANNEXE :

Questionnaire Oldfield

Sujet n°:
Nom :
Age :
Sexe :

Première partie :

Quelle main utilisez-vous

	Drte	Ghe	Indif
1- pour lancer ?	☐	☐	☐
2- pour écrire ?	☐	☐	☐
3- pour dessiner ?	☐	☐	☐
4- pour jouer à des jeux tels que : tennis, ping-pong, jokari, etc ... ?	☐	☐	☐
5- pour utiliser une paire de ciseaux ?	☐	☐	☐
6- pour vous servir d'un rasoir ou de rouge à lèvres ?	☐	☐	☐
7- pour vous peigner ?	☐	☐	☐
8- pour vous brosser les dents ?	☐	☐	☐
9- pour tenir un couteau pour des desseins autres que manger ?	☐	☐	☐
10- pour manger avec une cuillère.	☐	☐	☐
11- pour frapper avec un marteau ?	☐	☐	☐
12- pour vous servir d'un tournevis ?	☐	☐	☐

Deuxième partie :

13- Avec quelle main tenez-vous le couteau pour manger, en même temps que la fourchette ?	☐	☐	☐
14- Si vous avez 2 valises, de quelle main portez-vous la plus lourde ?	☐	☐	☐
15- De quelle main tenez-vous le haut du manche d'un balais ?	☐	☐	☐
16- De quelle main tenez-vous le haut d'un rateau ?	☐	☐	☐
17- De quelle main dévissez-vous le bouchon d'un flacon ?	☐	☐	☐
18- De quelle main tenez-vous une allumette pour allumer ?	☐	☐	☐
19- De quelle main distribuez-vous les cartes ?	☐	☐	☐
20- De quelle main guidez-vous le fil à travers le chat d'une aiguille ?	☐	☐	☐

Troisième partie :

21- De quel pied tapez-vous dans un ballon ?	☐	☐	☐
22- De quel oeil visez-vous ?	☐	☐	☐

Total :

Dispositif expérimental :

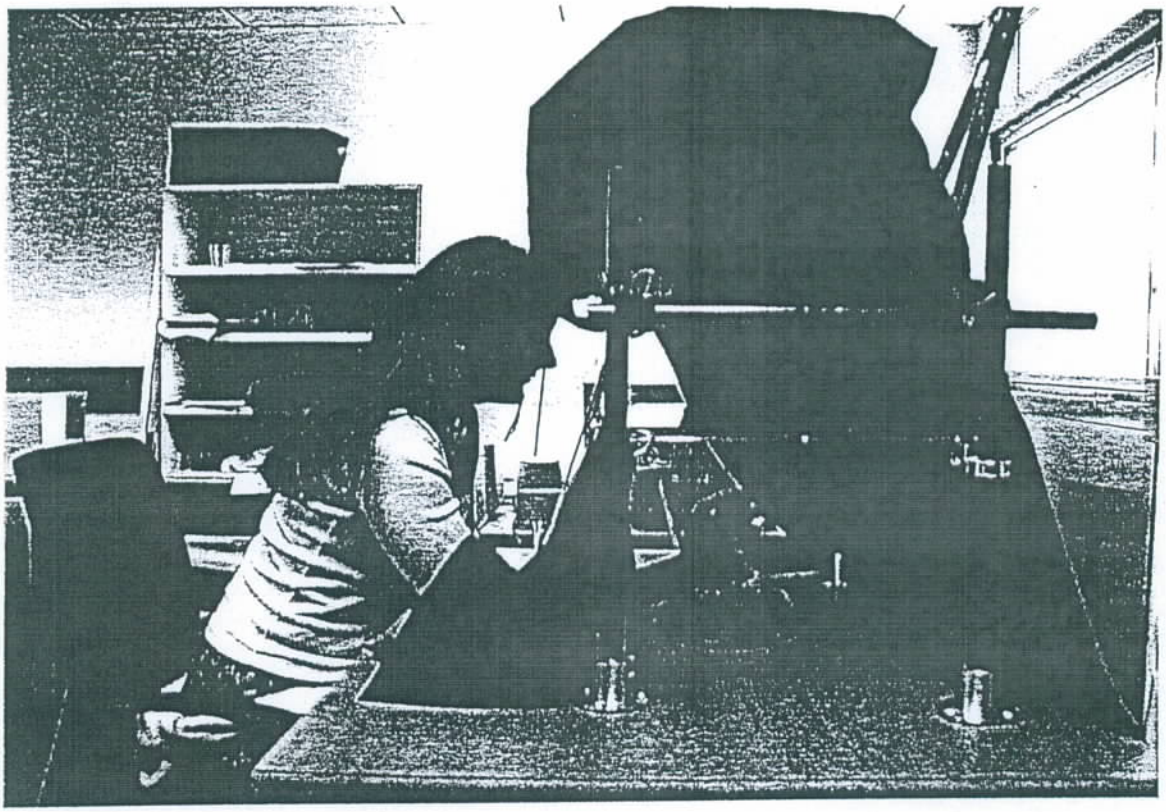


Figure 2

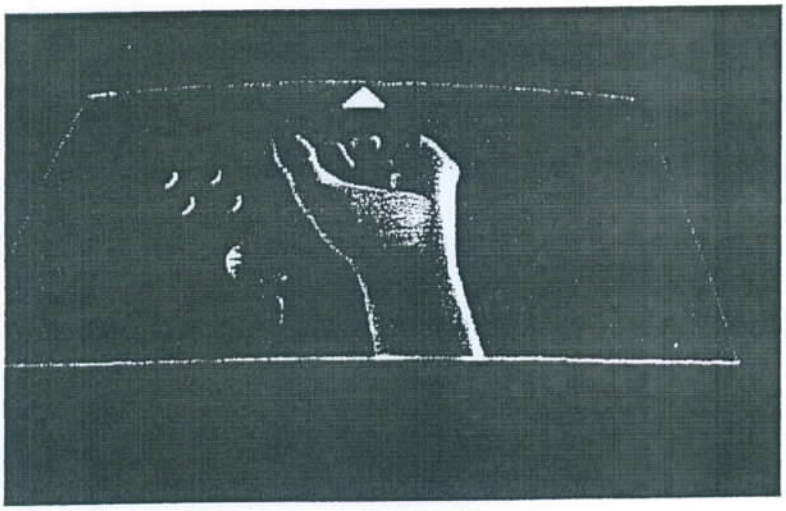


Figure 3

Un logiciel – « Alter Ego » - a été spécifiquement crée pour l'étude de l'attribution de l'action. On le démarrait après avoir rentré les angles de vues (130°) – pour que la main virtuelle se superpose exactement à la sienne – ainsi que les différents biais (temporels et spatiaux) à introduire dans l'expérience. Le sujet pouvait visualiser en temps réel ses propres mouvements, réalisés avec la manette.
Les 150 réponses ont ensuite été traitées à l'aide du logiciel « Statistica ».

C) Protocole expérimental

L'expérience se divisait en deux étapes :

- Une étape active, dans laquelle le sujet exécutait lui-même les actions.
- Une étape passive, dans laquelle il subissait les actions.

Pour la moitié des sujets, le protocole débutait par la phase active, et pour l'autre, par la phase passive. Le protocole était ainsi défini par deux conditions, active et passive, qui se répartissaient de façons égales sur 150 mouvements :

-> 75 mouvements actifs :

. 35 mouvements avec un biais angulaire : (5°/10°/15°/20°/30°/40°/50°) x 5

. 35 mouvements avec un biais temporel : (50ms/100ms/150ms/200ms/300ms/400ms/500ms) x 5

. 5 mouvements sans biais : 5x 0 (valeur neutre).

-> 75 mouvements passifs :

. 35 mouvements avec un biais angulaire : (5°/10°/15°/20°/30°/40°/50°) x 5

. 35 mouvements avec un biais temporel : (50ms/100ms/150ms/200ms/300ms/400ms/500ms) x 5

. 5 mouvements sans biais : 5x 0 (valeur neutre).

Pour chacun de ces 150 mouvements, le temps d'exécution était de 2 secondes : le départ étant donné par un signal sonore (« bip »), qui s'accompagnait sur l'écran d'un petit rond vert de 1 cm de diamètre, sur fond noir.

Puis, à la fin de chaque mouvement, le sujet devait dire si le mouvement vu à l'écran correspondait ou non à celui qu'il pensait avoir exécuté. Ainsi, le sujet répondait « oui » (ou « réponse soi ») quand le mouvement réalisé était similaire à celui vu sur l'écran. La réponse « non » signifiait que le mouvement observé n'était pas le sien.

L'expérimentation débutait par une phase de familiarisation du sujet au dispositif ; celui-ci s'exerçait à manier la manette de jeu, tout en respectant les consignes, et à reconnaître l'existence de mouvements biaisés ou non.

II) RESULTATS

Des graphiques ont été obtenus, associant mouvements actifs et mouvements passifs, en fonction des biais angulaires (cf. fig.5) et en fonction des biais temporels (cf. fig.6).

Une moyenne de réponse « soi » a aussi été calculée, pour faciliter l'interprétation des résultats (cf. fig.4), pour chacune des différentes conditions. Le nombre total de réponse « soi » concernant les 35 mouvements avec un biais angulaire, dans la condition active, est en moyenne de 8,86 ; lorsque les biais ne sont pas angulaires, mais temporels, le nombre de réponse « soi » est en moyenne de 10,68, sur les 35 mouvements réalisés. Dans les conditions passives, la moyenne des réponses « soi » est de 10, avec des biais angulaires, et de 12,73 avec des biais temporels, respectivement réparties sur 35 mouvements dirigés.

Résultats

Fig 4

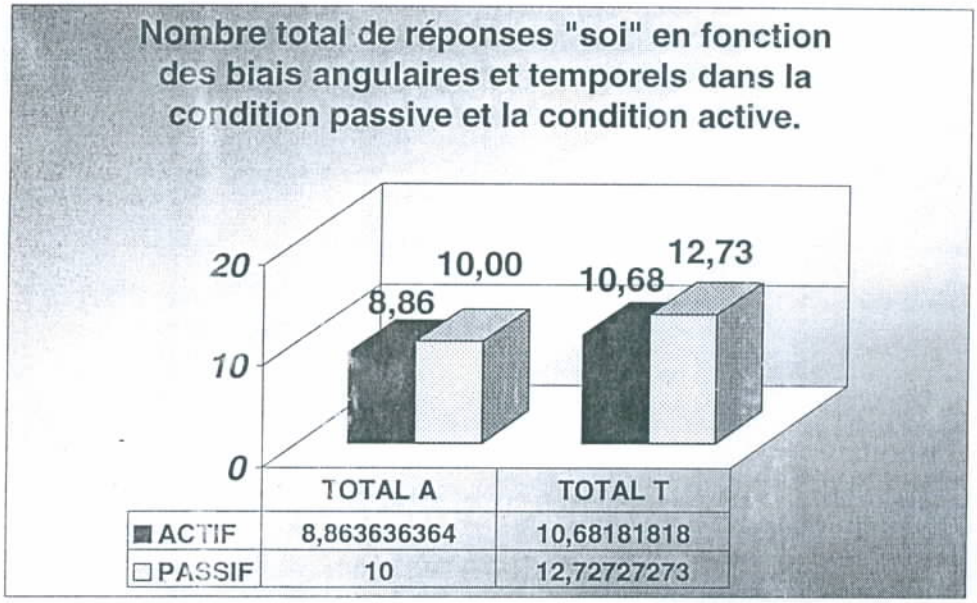


Fig 5

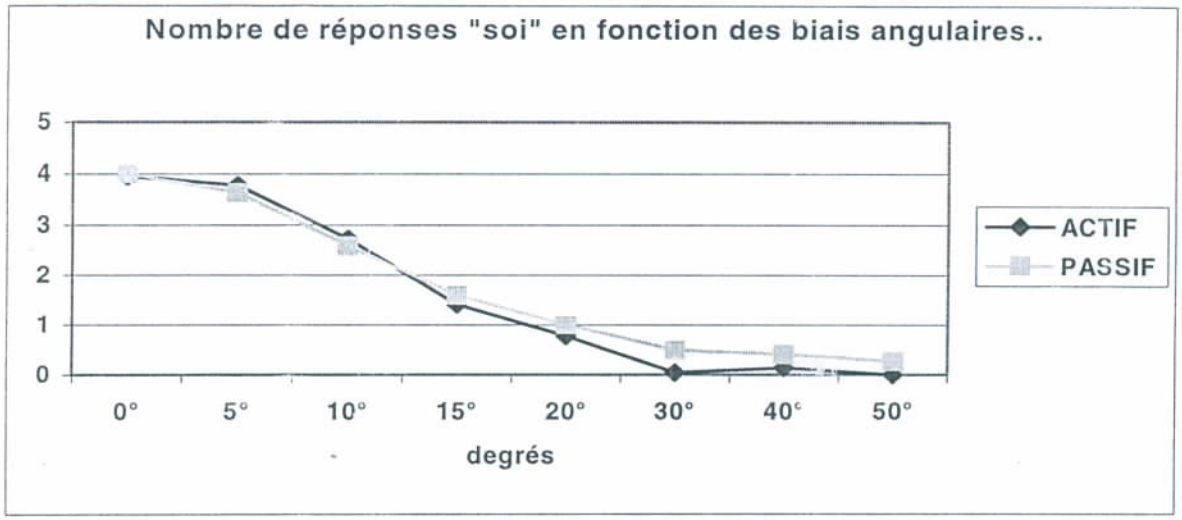
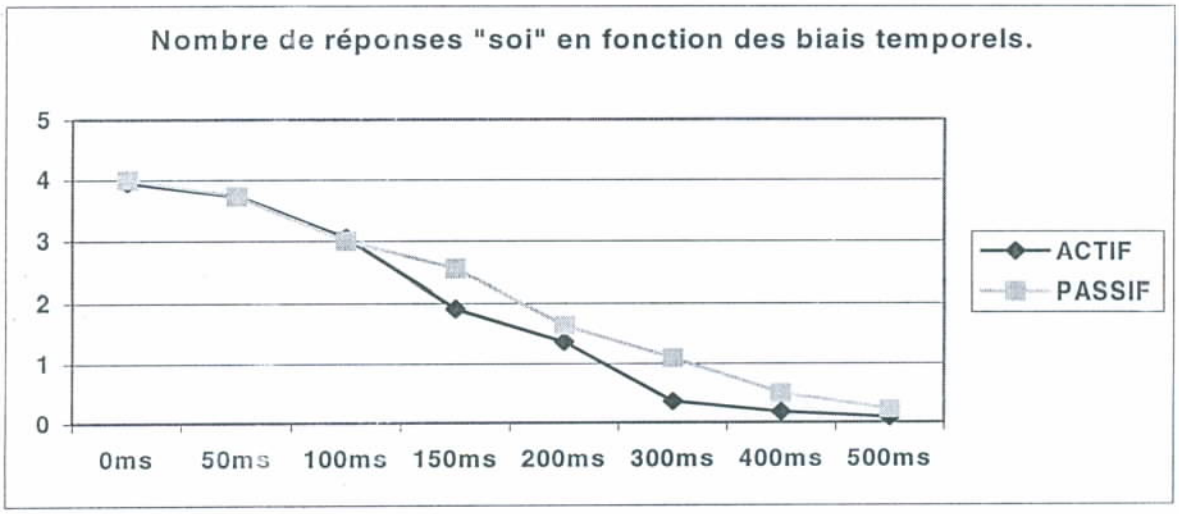


Fig. 6



En ce qui concerne les biais angulaires, on remarque que les courbes active et passive se superposent pour les valeurs 0°, 5°, 10° et 15 ; une discordance apparaît à partir de 20° de biais et persiste pour les valeurs 30°, 40° et 50°. Cependant, la différence du nombre de réponse « soi » redevient proche de 0 pour les valeurs 40° et 50°. Ainsi, le maximum d'erreur d'attribution de l'action est obtenu pour la valeur de 30°.
Globalement, le nombre de réponse « soi » diminue lorsque la valeur du biais angulaire augmente ; de plus, ce nombre reste supérieur, à partir de 15°, dans la condition passive, par rapport au nombre de réponses « soi » de la condition active.

Au niveau des biais temporels, les courbes active et passive se superposent pour des valeurs de biais de 0ms, 50ms et 100ms ; à partir de cette dernière valeur, le nombre de réponse « soi » diffère et devient inférieur dans la condition active. A 200ms et 500ms, on remarque tout de même un nombre de réponses identiques, dans les deux conditions.
Globalement, le nombre de réponse « soi » diminue lorsque la valeur du biais temporel augmente ; à partir de 150ms, le nombre de réponse « soi » reste plus élevé dans la condition passive que dans la condition active.

III) DISCUSSION

L'introduction de la condition passive a permis d'éliminer le premier type de conflit, entre les réafférences visuelles anticipées lors de la préparation de l'action et les afférences visuelles obtenues lors de l'exécution de l'action. Les résultats permettent ainsi d'analyser le jugement de discordance comme résultant d'un conflit entre afférences proprioceptives et afférences visuelles.

En effet, entre les deux conditions, les courbe passive et active des figures 5 et 6 se superposent de façon importante. Il existe cependant des points communs, aussi bien lorsque les biais sont temporels (pour les valeurs 200 ms et 500ms) qu'angulaires (pour les valeurs 40° et 50°) et ce, après qu'il y ait eu un jugement d'attribution de l'action correct. La différence n'est pas assez importante – significative – pour pouvoir affirmer que le jugement de discordance résulte bien d'une confrontation entre les afférences visuelles et les réafférences visuelles anticipées du modèle interne de l'action. Mais, elle permet tout de même d'apprécier le rôle des réafférences sensorielles, dans la détermination de l'origine de l'action.

Que les biais soient temporels ou angulaires, le sujet s'attribue plus l'action dans la condition active que dans la condition passive.

Ce résultat rejoint en fait les résultats de Blakemore, qui permettaient de prédire comme vraie la première hypothèse. Le jugement d'attribution de l'action serait basé sur la comparaison entre les réafférences sensorielles anticipées et les afférences sensorielles, résultant de l'exécution de l'action. Toute discordance entre les deux se traduit par une augmentation de l'activité cérébrale – notamment au niveau du cortex somato-sensoriel et du gyrus cingulaire antérieur – d'autant plus grande que l'erreur est importante.

Ainsi, les résultats de cette expérience paraissent être en contradiction avec ceux attendus. De première intention, le dispositif expérimentale peut être remis en cause, notamment au niveau de la tige utilisée pour les mouvements passifs. Celle-ci se déformait après chaque manipulation. N'étant pas totalement rigide, elle a pu influencer le déroulement des conditions passives :

Les déplacements n'étaient pas identiques entre eux et à la trajectoire de référence (identifiée par une ligne verticale sur le moniteur). Un changement de courbure de la tige entraînait une déviation – donc, un biais angulaire, involontaire et incontrôlable – de la

trajectoire. Par conséquent, pour les biais temporels, il y avait introduction, involontaire, de biais angulaires, normalement absents, conduisant ainsi à moins bien reconnaître le mouvement, comme étant le leur. Inversement, on peut remettre en question l'expérimentateur qui mobilisait la tige ; son mouvement ne pouvait pas être uniforme, i.e. sans accélération.

Il serait donc nécessaire d'utiliser une tige métallique rigide, relié à un moteur électrique, pour que chaque mouvement puisse être identique, dans le temps et dans l'espace.

Globalement, on remarque enfin, d'après les figure 5 et 6, que les sujets semblent mieux s'attribuer l'action lorsque les biais sont temporels, aussi bien pour les conditions passive qu'active. Ainsi, plus le biais est important et moins le sujet s'approprie l'action – résultat identique à ceux de Blakemore : le sujet paraît mieux se représenter le temps que l'espace.

CONCLUSION

En somme, il semblerait que le jugement d'attribution de l'action reposerait sur un schéma neuronal complexe, appelé « modèle interne » (Frith, 1992). Selon Blakemore, ce système utiliserait d'avantage les réafférences sensorielles anticipées, lors de la préparation de l'action, et les afférences sensorielles, obtenues lors de l'exécution de l'action, pour déterminer l'origine de l'action.

Les résultats présents ne permettent pas de confirmer cette hypothèse ; on peut toutefois dire que les sujets s'attribuent significativement plus l'action dans les conditions actives que dans les conditions passives ; et ce, quelque soit la nature du biais, à savoir temporel ou angulaire, avec une petite nuance : il paraît plus facile de définir l'origine de l'action lorsque les biais sont temporels.

REFERENCES

American Psychiatric Association Diagnostic and statistical manual of mental disorders. (1994) Fourth edition ; Washington.

Blakemore SJ. Monitoring the self in schizophrenia: the role of internal models. Advances in consciousness research "sous presse".

Daprati E, Franck N, Georgieff N, Proust J, Pacherie E, Dalery J et Jeannerod M. Looking for the agent: an investigation into consciousness of action and self-consciousness in schizophrenic patients. Cognition (1997) ; 65 : 71-86.

Decety J, Perani D, Jeannerod M, Bettinardi V, Tadary B, Woods R, Maziotta JC et Fazio F. Mapping motor representations with PET. Nature (1994) ; 371 : 600-602.

Franck N, Daprati E, Georgieff N, Dalery J, Marie-Cardine M et Jeannerod M. Approche expérimentale des anomalies d'attribution de l'action chez les schizophrènes. L'Encéphale (1998) : 113-8.

Frith CD. The cognitive neuropsychology of schizophrenia. Hove : Lawrence Erlbaum associates publishers (1992).

Jeannerod M. The cognitive neuropsychology of action. Cambridge ; Blackwell (1997) : 163-191.

Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. Neuropsychologia (1971) ; 9 : 97-113.

Parsons LM, Fox PT, Downs JH, Glass T, Hirsch TB, Martin CC, Jerabek P et Lancaster JL. Use of implicit motor imagery for visual shape discrimination as revealed by PET. Nature (1995) ; 375 : 54-58.

Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V et Fogassi L. Premotor cortex and the recognition of motor actions. Cognitive Brain Research (1996) ; 3 : 131-141.

Sheehan D, Lecrubier Y, Sheehan K et coll. The validity of the MINI International neuropsychiatric interew (MINI) according to the SCID-P and its reliability. European Psychiatry (1997) ; 12 : 225-231.