

## COMMUNICATION

### Interrelations humaines, cognition sociale et sillon temporel supérieur

MOTS-CLÉS : IMAGERIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE. LOBE TEMPORAL. TROUBLE AUTISTIQUE. THÉORIE DE L'ESPRIT

### *Human interaction, social cognition, and the superior temporal sulcus*

KEY-WORDS (Index medicus): MAGNETIC RESONANCE IMAGING. TEMPORAL LOBE. AUTISTIC DISORDER. THEORY OF MIND

Francis BRUNELLE \*, Anna SAITOVITCH \*\*, Nathalie BODDAERT \*\*, David GRÉVENT \*\*, Jean CAMBIER \*\*\*\*, Gilbert LELORD \*\*\*\*, Yves SAMSON \*\*\*, Monica ZILBOVICIUS \*\*

**Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêt en relation avec le contenu de cet article.**

## RÉSUMÉ

*L'être humain est un animal social. Cette capacité à vivre ensemble repose sur des compétences cognitives dont les bases neuro-anatomiques commencent à être dévoilées grâce aux techniques de neuro-imagerie. L'ensemble des régions impliquées dans cette cognition sociale est décrite sous le terme de « cerveau social ». Au sein de ce réseau le sillon temporel supérieur (STS) joue un rôle d'intégration des différentes entrées sensorielles et émotionnelles. Les modèles impliquant des témoins normaux ont permis d'identifier ce rôle du STS dans la reconnaissance de l'autre comme être biologique, la reconnaissance faciale, du regard, la perception de l'intentionnalité et des émotions de l'autre. Cette capacité a été décrite sous le terme de « théorie de l'esprit ». Les modèles pathologiques en particulier dans l'autisme dont le signe clinique principal est l'altération profonde des relations sociales ont confirmé le rôle du STS au sein du cerveau social. L'intériorisation et la conceptualisation de cette capacité empathique constitue la méta cognition, base des processus sociaux et culturels humains.*

---

\* Membre correspondant de l'Académie nationale de médecine ;  
e-mail : francis.brunelle@nck.aphp.fr

\*\* Unité INSERM 1000. Service de radiologie pédiatrique. Hôpital Necker Enfants Malades. Université René Descartes

\*\*\* Service des urgences cérébro-vasculaires, Pitié-Salpêtrière. Université Pierre et Marie Curie

\*\*\*\* Membre de l'Académie nationale de médecine

Tirés à part : Professeur Francis BRUNELLE, même adresse

Article reçu 4 mars 2013, accepté le 15 avril 2013

## SUMMARY

*Human beings are social animals. This ability to live together is ensured by cognitive functions, the neuroanatomical bases of which are starting to be unraveled by MRI-based studies. The regions and network engaged in this process are known as the “ social brain ”. The core of this network is the superior temporal sulcus (STS), which integrates sensory and emotional inputs. Modeling studies of healthy volunteers have shown the role of the STS in recognizing others as biological beings, as well as facial and eye-gaze recognition, intentionality and emotions. This cognitive capacity has been described as the “ theory of mind ”. Pathological models such as autism, in which the main clinical abnormality is altered social abilities and communication, have confirmed the role of the STS in the social brain. Conceptualisation of this empathic capacity has been described as “ meta cognition ”, which forms the basis of human social organization and culture.*

« Je est un autre »

Arthur RIMBAUD, Lettre à G. IZAMBARD, 13 mai 1871

## INTRODUCTION

La construction de la relation individuelle avec le monde extérieur, « le vivre dans le monde », peut se concevoir comme la succession de plusieurs modalités d'apprentissage. Une première modalité concerne l'apprentissage heuristique par essais et échecs successifs (*reward learning*). Cette étape permet à l'individu d'éviter les expériences nuisibles ou douloureuses et de préférer les comportements favorables à sa survie. Cette étape est commune à tout le règne animal. La deuxième modalité vise à la définition de la personne au sein de son groupe. Cette fonction sociale primaire est commune à de nombreuses espèces animales et à tous les animaux sociaux de l'abeille à l'homme. Cette cohésion sociale passe par l'échange d'informations sensorielles. Du contact des antennes chez les fourmis (trophallaxie) à l'échange de signaux olfactifs ou sonores chez les mammifères, les media sensoriels engagés sont multiples. L'échange d'émotions ou de signaux (visage, regard, voix, langage corporel...) véhiculant une charge émotionnelle semble restreint aux primates et à l'homme. Cette capacité d'échange émotionnel est à la source de la capacité de partager voire de ressentir la même émotion qu'autrui, l'empathie. (Étymologiquement « éprouver au-dedans »)

L'étape supérieure est la métacognition qui est la capacité de formuler et d'échanger avec autrui son ressenti. Cette capacité strictement humaine est à la base de toutes les manifestations culturelles de l'humanité.

## **BASES BIOLOGIQUES ET NEUROLOGIQUES DE LA COGNITION SOCIALE**

Les mécanismes biologiques assurant la cohésion d'un groupe social animal ou humain sont encore peu connus.

Cette cohésion ou cette cohérence repose sur l'existence de communications entre les individus constitutifs de ces groupes [1, 2]. Ces communications visent à informer en temps réel chaque individu de l'état local et global du groupe. Chez l'homme ce mécanisme permet un partage et un échange des « intentions » de l'autre. Cette information doit ensuite se transformer en action(s) dont la cohérence vise à atteindre un but, un objectif, ou d'éviter un prédateur commun. Une vision déterministe des choses est sous tendue par l'idée que ces mécanismes aident à la survie de l'espèce, du groupe et de chaque individu. Par ailleurs dans certaines conditions de haut risque ces informations doivent se traduire quasi instantanément en action. La réaction de fuite des animaux chassés par un ou des prédateurs est un exemple connu. Les réactions d'évitement, par exemple celle d'un cheval à la vue d'un serpent sont classiques.

Dans l'espèce humaine une partie des ces informations passe par le langage écrit ou oral. C'est le rôle des instructions écrites ou orales, lois, règlements, ordres...

Cependant dans le règne animal et pour une grande partie de cette communication dans l'espèce humaine, cet échange d'information passe par des relais non verbaux, non sémantiques, implicites, conscients ou non.

L'ensemble de ces mécanismes et les bases neurales qui les sous-tendent représentent le champ d'étude de la cognition sociale. La théorie de l'esprit (ToM, Theory of Mind) postule la capacité de chaque individu de percevoir et de comprendre les états d'esprit de l'« autre ». Ce champ de la connaissance a un succès grandissant y compris au niveau du grand public, comme l'attestent certaines séries policières télévisées qui mettent en scène des personnages particulièrement doués pour cet exercice.

Ces théories ont et auront d'importantes applications dans de nombreux domaines sociaux comme l'apprentissage (donc la pédagogie), l'étude des comportements individuels et collectifs, les maladies psychiatriques, la politique... la philosophie.

Cette capacité de mentalisation, de meta-représentation repose sur des bases neurocognitives que les techniques actuelles d'imagerie cérébrale permettent de mettre en évidence.

Nous ne décrivons pas ces techniques et nous renverrons le lecteur à la bibliographie [3].

En résumé, les techniques peuvent être divisées en deux grandes catégories.

- Les techniques anatomiques qui analysent les modifications du cerveau induites par la réalisation de certains paradigmes cognitifs. L'exemple le plus connu est celui qui montre que le cortex cérébral représentant l'auriculaire gauche des

violonistes professionnels est plus épais que celui d'une population non musicienne. Ces techniques permettent aussi d'analyser les grands réseaux associatifs intracérébraux de myéline.

- Les techniques fonctionnelles qui permettent de démontrer (« faire voir ») les zones cérébrales activées par la réalisation des quanta cognitifs<sup>1</sup> que l'on souhaite analyser.

L'activation de la zone corticale motrice des doigts visible en IRM lors de la réalisation d'un tapotement des doigts en est l'exemple le plus simple. (Il s'agit là d'un quantum moteur.). Les scénarii recherchant l'activation de zones cérébrales peuvent être simples ou complexes, ils sont appelés « paradigmes » par les chercheurs en sciences cognitives.

C. D. Frith et U. Frith distinguent quelques mécanismes et leur localisation néophrénologique que nous allons décrire [4]. Cette approche n'est bien sûr nullement restrictive. Ce n'est que le début du démembrement de ce qui est le plus complexe dans l'homme. Nous aborderons en fin d'article, les critiques qui doivent émerger de cette approche en partie réductionniste.

L'apprentissage heuristique décrit les mécanismes qui permettent à l'individu d'acquérir des connaissances grâce à la récompense ou l'absence de récompense obtenue. Il est notoire que nous préférons les objets et les comportements associés à une récompense affective ou monétaire. Il en est de même de la fréquentation d'autrui. Il s'agit d'une approche par essais successifs. L'individu est capable de prédire la probabilité des comportements erronés chez l'autre et chez lui-même. Cette capacité est une des bases de l'apprentissage. La zone de la récompense activée se situe au niveau du striatum ventral. Ces mécanismes sont la base de la reconnaissance sociale. Il est à noter que la valeur que nous apportons à un objet augmente lorsqu'on d'autres le convoitent aussi.

Une des modalités de l'apprentissage est l'apprentissage par imitation.

L'apprentissage au travers de l'observation a été intensément étudié. Les neurones responsables de ce processus ont été récemment identifiés, il s'agit des neurones miroirs. [5] Ils ont été initialement identifiés au niveau du cortex pré-moteur chez le singe rhesus.

Cette capacité d'imitation très précoce néonatale est un élément prédictif du développement psychomoteur [6]. L'observation de la direction du regard y compris par l'enfant très jeune est une indication majeure de la préférence individuelle pour la cible regardée. L'observation de la direction du regard crée un lien fort de confiance sociale. La zone responsable du traitement de cette information est le sillon temporal supérieur (STS) et une zone spécialisée du gyrus fusiforme (*fusiform face area*, FAA) [7].

<sup>1</sup> J'appelle quantum cognitif, un sous ensemble cognitif aussi simple que possible, que l'expérimentateur estime pouvoir représenter un élément invariant nécessaire et suffisant à la réalisation d'une tâche mentale ou comportementale.

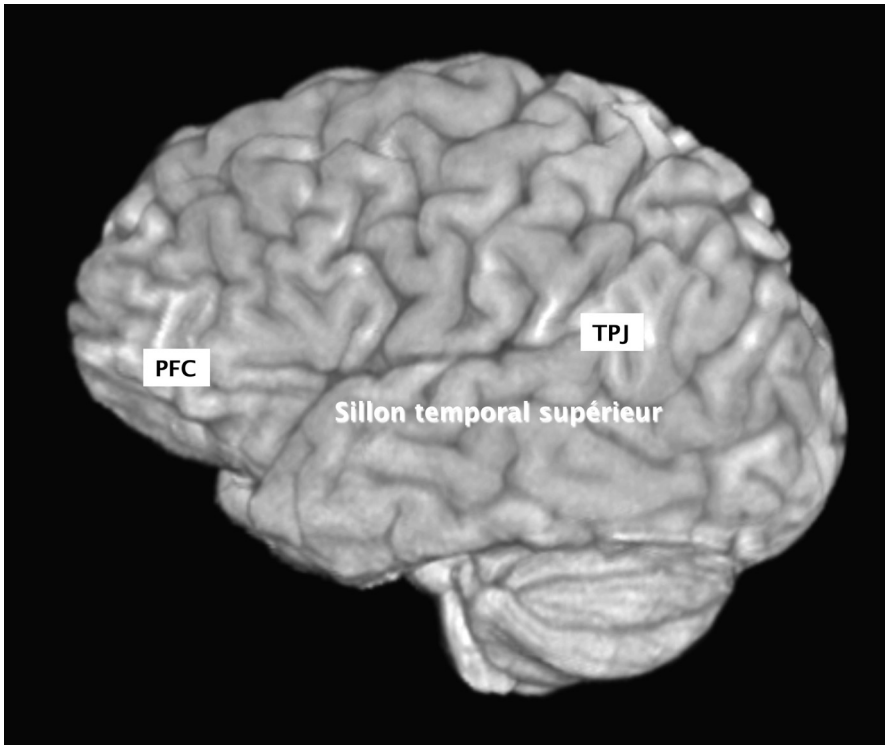


FIG. 1.

Il a été montré que des observateurs regardant un individu qui dirige ostensiblement le regard dans la direction opposée à celle attendue (regard incongruent) le jugent peu digne de confiance et activent d'avantage et plus durablement leur sillon temporal supérieur. Ce système subit une maturation progressive avec l'âge. Initialement, essentiellement localisé au niveau de l'amygdale, il intègre progressivement des structures corticales (ACC) [8].

La seconde étape consiste à d'identifier la cible du regard. Cette fonction est dévolue à la région interpariétale latérale contenant des neurones miroirs. Cette région cérébrale analyse aussi la « valeur » de la cible. Cette fonction est un élément important dans la prise de décision.

L'apprentissage qui permet de distinguer les êtres biologiques pourvus d'intention des objets inanimés passe par des mécanismes permettant la reconnaissance des « mouvements biologiques » [9]. Lorsqu'on présente quatre séquences vidéo à des témoins alors qu'est réalisée une IRM fonctionnelle, seules celles qui contiennent une indication de mouvements biologiques activent le sillon temporal supérieur (STS). Il s'agit d'une vidéo (dessin animé), représentant, 1 un homme marchant, 2 un robot fait de segments mécaniques imitant la marche, 3 les mêmes segments

mécaniques désarticulés et animés de mouvement erratiques, et 4 une horloge pendulaire. Seules les deux premiers dessins activent le STS.

Ainsi chaque individu est-il capable de manière automatique, inconsciente d'identifier un « autre » congénère. Cette capacité est présente dès le plus jeune âge chez l'enfant.

Ces tests présentés à des enfants autistes se révèlent négatifs.

Une fois l'autre « reconnu », chaque individu est capable de manière inconsciente ou consciente d'identifier ses intentions. Leur contenu sémantique, leur valeur morale est identifiée grâce à la mise en corrélation positive ou négative (*error prediction*) de ce que prédisent les comportements observés. Cette fonction est retrouvée au niveau du STS, de la jonction temporopariétale postérieure (TPJ) et du cortex préfrontal médian. Cette fonction cognitive est la base du jugement moral personnel et envers autrui [10].

Cette notion est à la source des sentiments d'empathie. Il a été montré que des personnes généreuses le sont plus volontiers vis-à-vis d'autres personnalités elles mêmes généreuses [11]. Ce comportement se retrouve aussi dans le règne animal. Ceci est aussi vrai pour les personnes coopératives, elles sont plus volontiers attirées par les autres personnes coopératives. L'activation du STS est induit par ces comportements coopératifs.

Cette empathie est aussi à l'origine de la tendance humaine de se rapprocher des individus qui se ressemblent. La constitution de groupes sociaux, ethniques, culturels, vestimentaires (effet mode), effet de suite (instinct grégaire) semble reposer sur des bases neurobiologiques. Il a été montré qu'il existe une corrélation positive entre l'épaisseur corticale du STS et le nombre d'amis enregistrés sur les réseaux sociaux.

De manière consciente il existe un contrôle cortical (*top down*) permettant la régulation des phénomènes inconscients ci-dessus décrits. Le temps de réponse à la reconnaissance d'un visage familier est extrêmement court de l'ordre de quelques centaines de millisecondes. Ce délai ne laisse pas la place à un contrôle conscient de ces réactions. Ces mécanismes de régulation consciente sont localisés (activent) le cortex cingulaire antérieur (ACC) et le cortex préfrontal dorsolatéral (dlPFC). Il s'agit de surmonter les a priori raciaux, les idées reçues, les fausses croyances (*false beliefs*), les fausses réputations (idées reçues), les réactions émotionnelles inadaptées et de traiter les fausses rumeurs [12].

Les jugements basés sur la première impression reposent sur des mécanismes différents selon qu'ils reposent sur des signaux verbaux ou non [13].

Cette fonction d'acquérir du savoir par imitation, en copiant l'autre est un moyen hautement efficace d'apprentissage ; c'est la base du « *mentoring* ». Cette activité d'imitation a un effet de socialisation ; chez le singe, le partage de nourriture est préférentiellement fait avec un imitateur. Lors de l'imitation, l'activité du cortex préfrontal ventromédian (vmPFC.), impliqué dans la récompense est augmentée. Le partage d'une chanson identique active le noyau de la récompense, le striatum

ventral. Ainsi le fait d'être reconnu par autrui renforce-t-il le circuit de la récompense. Ce phénomène tend à créer une cohésion sociale et une conformité comportementale. (*Fan club* des groupes de rock). Le cerveau social est impliqué dans la construction identitaire des groupes sociaux (« effet club »).

Cependant l'apprentissage par imitation a ses limites. Lorsque le savoir accumulé par imitation devient moins efficace, l'apprentissage par exploration (heuristique, essai/erreurs) prend le pas. On ne peut s'empêcher de penser à l'éducation des enfants et à la survenue de l'adolescence où l'apprentissage par essai/erreur prend le pas sur l'imitation. C.D. Frith et U. Frith parlent de trichotomie-entre (1) l'utilisation de son propre savoir, (2) le savoir des autres, et (3) l'exploration de nouveaux savoirs [4].

Le cerveau social est impliqué dans la construction identitaire des groupes sociaux (« effet club »). Les enfants apprennent très tôt par imitation du comportement maternel à favoriser l'accueil des membres du même groupe social, ethnique...

Les préjugés, et stéréotypes, idées reçues sont associés aux régions cérébrales impliquées dans les processus d'évaluation (l'amygdale et le vmPFC). Les études de groupes ont mis en évidence un phénomène de « dysimitation ». Alors que l'imitation concerne surtout les actions qui bénéficient d'une récompense, il a été observé que cette imitation peut comprendre des actions non appropriées y compris lorsque des signaux d'alerte sont communiqués. Le degré de confiance que porte l'imitateur à l'instructeur surclasse le degré de récompense espéré. Ce phénomène semble spécifique à la culture humaine. La hiérarchisation de nos groupes sociaux et professionnels trouve ici une explication et renforce la pertinence de l'adage : « la confiance n'exclut pas le contrôle » (Lénine). Chez le chimpanzé ces actions d'imitation inappropriées s'éteignent rapidement en l'absence de récompense [14].

Un des aspects les plus importants de la cognition sociale est sa capacité de mise à jour continue. L'enfant va initialement apprendre auprès de ses parents auxquels il fait implicitement confiance. Dès l'âge de huit ans il va se tourner vers la personne experte.

La mise à jour continue par essai et erreur active la jonction temporo pariétale (TPJ), région associée à la « mentalisation ». Ainsi la confiance envers autrui est elle constamment remise en question.

La connaissance du statut social et de la hiérarchie est un élément extrêmement fort de la cohésion sociale. Il a été montré que cette capacité partage avec l'appréciation des échelles numériques pures les mêmes représentations neuronales au niveau du cortex pariétal inférieur [15].

La présence d'un auditoire modifie la performance (*audience effect*). Notre comportement se modifie lorsque nous pensons ou savons être observé. Le degré de coopération nécessite un renforcement continu par l'auditoire. Lorsque cette coopération s'effectue avec des partenaires anonymes, celle-ci diminue rapidement [16]. Une simple photographie est suffisante pour promouvoir un comportement pro social

indiquant qu'il s'agit d'un comportement automatique. Les zones de la récompense, vSTR et le cortex orbitofrontal médian (mOFC) sont activés lors des coopérations réciproques et des comportements honnêtes[4].

La théorie de l'esprit implique la capacité de chacun d'identifier non seulement les croyances d'autrui mais aussi les fausses croyances (*false beliefs*).

Dès l'âge de quatre ans l'enfant est conscient que ses croyances peuvent être différentes de celles d'autrui. Il est ainsi possible de prédire tel ou tel comportement d'autrui. Cependant ce processus nécessite une mise à jour permanente sur la base de prédiction vraie ou erronée. Cette fonction de mentalisation implique le STS, le mPFC et le TPJ [17].

La plupart de ces phénomènes sont inconscients, cependant de nombreux mécanismes d'interaction sociale sont situés au niveau conscient. C.D. Frith et U. Frith suggèrent le terme de meta-cognition ou de conscience réflexive pour décrire ce phénomène d'auto mentalisation [4]. Cette capacité permet en particulier de hiérarchiser et de filtrer la somme des informations sensorielles qui nous parviennent à chaque instant. Un rôle important est notre capacité à surmonter les préjugés ethniques. Il a été montré que les individus ont une peur implicite envers les personnes étrangères à leur « groupe » et qu'ils éprouvent moins d'empathie à leur égard.

La présentation d'un visage « étranger » pendant une période courte (30 ms) induit une réponse de rejet inconsciente au niveau de l'amygdale temporale. La présentation de ce même visage pendant une période plus longue (525 ms) induit une réponse au niveau du cortex préfrontal (dl PFC) et la réponse de l'amygdale est réduite [12].

L'enseignement représente une activité qui permet la transmission d'un savoir possédé par l'enseignant. Nous avons vu que cette transmission peut se faire de manière implicite par imitation. Elle aussi basée sur des techniques explicites comme la désignation d'un objet d'un lieu, l'appel du nom...

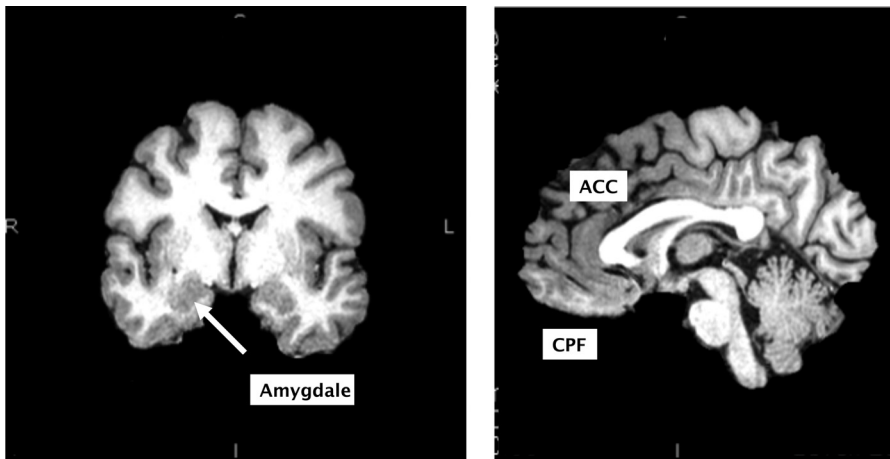


FIG. 2.



Ce type de communications induit une activité dans les zones préfrontales et tempore antérieures, et la partie postérieure du STS, zones de la mentalisation.

En particulier le cortex préfrontal est impliqué dans le traitement des informations à contenu social. Il a été montré que l'activité du mPFC est plus importante lorsque les individus participants sont informés qu'ils interagissent avec un individu plutôt qu'avec un ordinateur. Il a été suggéré que les processus cognitifs portés par le mPFC servent de lien entre les états mentaux du self et ceux d'autrui. Cette capacité pourrait être une forme de cognition sociale spécifiquement humaine.

Un niveau supérieur de cognition sociale est la capacité de l'homme à communiquer et décrire explicitement ses propres états mentaux. Cette faculté est désignée sous le terme de métacognition.

Cette capacité nécessite une distanciation par rapport à soi-même. Je me pense moi-même. Je suis en même temps objet de ma réflexion et sujet pensant. Cette capacité a à l'évidence un rôle majeur dans l'élaboration des mythes, des symboles et des cultures identitaires des groupes sociaux.

Les mêmes processus semblent impliqués dans la mise en évidence expérimentale que la performance d'un groupe est meilleure que la performance du meilleur individu isolé.

Les bases neurales de la méta-cognition commencent à peine à être identifiées. Le cortex préfrontal joue certainement un rôle. Les personnes qui présentent une plus grande capacité méta-cognitive ont un cortex préfrontal plus épais.

## **MODÈLES PATHOLOGIQUES**

L'ensemble de ces données est en cohérence avec les observations faites sur des modèles pathologiques dans lesquels les interrelations humaines sont altérées.

Une des caractéristiques cliniques principales de l'autisme est l'altération précoce des interrelations sociales [3].

Les techniques *d'eye tracking* (suivi oculaire) permettent de tester individuellement la capacité de suivre le regard de personnages impliqués dans une scénette animée présentée sur un ordinateur. Cette technique permet quantitativement d'identifier le lieu de fixation du regard et le nombre de fixations. L'identification de la direction du regard de son intentionnalité active fortement le STS. Chez les autistes ce même test montre que la fixation du regard ne se fait pas et que le STS n'est pas activé [3].

Une des clés de l'identification sociale est la capacité à reconnaître les sons ou les voix familières. Cette fonction active le STS. Il a été montré que chez les adultes autistes la présentation successive de bruits / voix humaines n'active pas le STS. Ainsi les autistes semblent-ils incapables de distinguer une porte qui claque de la voix maternelle.

Chez les autistes la présentation des séquences permettant de tester la capacité à reconnaître les mouvements biologiques n'active pas le STS.

Cette capacité de cognition sociale est présente très précocement chez l'enfant. Dès quatre jours le nouveau né fait la différence entre un visage le regardant et un visage regardant au loin. À trois mois l'enfant marque une fixation préférentielle dans la zone du regard. Il est ainsi envisageable en utilisant *l'eye tracking* de réaliser un dépistage précoce de l'autisme.

Les données en imagerie médicale convergent pour indiquer l'existence d'anomalies anatomiques et fonctionnelles du STS dans l'autisme. Il existe une diminution de la perfusion cérébrale au niveau du STS. Cette diminution de perfusion est retrouvée quelle que soit la technique utilisée, PET, SPECT ou plus récemment en ASL.

Les techniques anatomiques statistiques montrent une diminution de l'épaisseur du cortex au niveau du STS. Cette diminution de l'épaisseur corticale est corrélée avec la sévérité de l'autisme. Les études en diffusion et en tractographie mettent en évidence des anomalies au niveau des réseaux temporaux en particulier du faisceau arqué [20, 21, 22].

Les études sur la schizophrénie où un des traits cliniques concerne une altération de fonctions cognitives sociales et un trouble de la régulation des émotions ont montré des altérations fonctionnelles et anatomiques des éléments du cerveau social (cortex préfrontal, lobe temporal, amygdale) [23].

Ces patients présentent par ailleurs un trouble de reconnaissance des émotions faciales [24] et des altérations de la fonction de mentalisation (théorie de l'esprit) [25].

## CONCLUSION

Notre comportement est largement influencé par notre appartenance à un groupe social.

De nombreux mécanismes sont implicites, automatiques, très rapidement mis en œuvre comme la reconnaissance des mouvements biologiques et la reconnaissance faciale.

La théorie de l'esprit ou la mentalisation nous permet de nous « mettre à la place » de l'autre et d'en déduire ses comportements à venir. L'apprentissage implicite par imitation, observation ou explicite par communication gestuelle ou verbale implique les mêmes réseaux neuraux.

Enfin la capacité spécifique humaine de méta-cognition lui permet d'accéder à l'abstraction et au conceptuel.

Les bases neurales de ces activités ont essentiellement dépendantes de zones cérébrales identifiées : le cortex préfrontal, les neurones miroirs, le circuit de la récompense, le gyrus cingulaire antérieur, l'amygdale temporale, la jonction temporo pariétale et le sillon temporo supérieur.

L'ensemble de ce réseau peut être décrit sous le terme de cerveau social.

L'identification de ces zones impliquées dans cette fonction supérieure de cognition sociale se construit grâce à deux modèles comme le plus souvent en médecine expérimentale. L'étude de patients dits normaux soumis à des tâches cognitives identifiées par rapport à des contrôles et des modèles pathologiques.

Les bases neurales de ces comportements sociaux commencent à peine à être explorées. Nous pouvons prendre le pari que leur connaissance aura de fortes influences sur la compréhension des comportements sociaux normaux et anormaux. Leur influence sur les techniques pédagogiques apparaît évidente. Nous appelons de nos vœux une réflexion éthique sur ces sujets afin d'éviter leur utilisation dans des domaines comme la manipulation économique, politique, civile ou militaire.

La phrase visionnaire d'Arthur Rimbaud « je est un autre » prend ici tout son sens. Ce d'autant plus qu'on lit plus haut dans la même lettre adressée à G. Izambard :

« *C'est faux de dire : je pense, on devrait dire : on me pense* ».

### Glossaire :

Striatum ventral (vSTR)

Sillon temporal supérieur (STS)

Fusiform face area (FFA)

Région interpariétale latérale (ITP)

Jonction temporo-pariétale postérieure (TPJ)

Cortex préfrontal (PFC) ; médian(m), ventromédian (vm), dorsolatéral (dl)

Cortex cingulaire antérieur (ACC)

Amygdale temporale.

### BIBLIOGRAPHIE

- [1] RAFFAT R.M., CHATER N., FRITH C. — Herding in humans. *Trends Cogn. Sci.*, 2009, 10, 420-428.
- [2] KING A.J., WILSON A.M., WILSHIN S.D. *et al.* — Selfish-herd behaviour of sheep under threat. *Curr. Biol.*, 2012, 22, 561-562.
- [3] SAITOVITCH A., BARGIACCHI A., CHABANNE N. *et al.* — Social cognition and the superior temporal sulcus: Implications in autism. *Revue Neurologique*, 2012, 168, 762-770.
- [4] FRITH C.D., FRITH U. — Mechanisms of social cognition. *Annu. Rev. Psycholo.*, 2012, 63, 287-313.
- [5] RIZZOLATTI G., CRAIGHERO L. — The mirror-neuron system. *Annu. Rev. Neurosci.*, 2004, 27, 169-192.
- [6] FERRARI P.F., PAUKNER A., RUGGIERO A. *et al.* — Interindividual differences in neonatal imitation and the development of actions chains in rhesus macaque. *Child Dev.*, 2009, 80, 1057-1068.

- [7] HAXBY J.V., HOFFMAN E.A., GOBBINI M.I. — The distributed human neural system for face perception. *Trends Cogn. Sci.*, 2000, 4, 223-233.
- [8] HUNG Y., SMITH M.L., TAYLOR M.J. — Development of ACC-amygdala activations in processing unattended fear. *Neuroimage*, 2012, 60, 545-552.
- [9] PELPHREY K.A., MORRIS J.P., MCCARTHY G. — Grasping the intentions of others. The perceived intentionality of an action influences activity in the superior temporal sulcus during social perception. *J.Cogn. Neurosci.*, 2004, 16, 1706-1716.
- [10] BEHRENS T.E., HUNT L.T., WOLLRICH, *et al.* — Associative learning of social value. *Nature*, 2008, 456, 245-249.
- [11] COOPER J.C., KREPS T.A., WIEBE T. *et al.* — When giving is good: ventromedial prefrontal cortex activation for others's intention. *Neuron.*, 2010, 67, 511-521.
- [12] CUNNINGHAM W.A., JOHNSON M.K., RAYE C.L. *et al.* — Separable neural components in the processing of black and white faces. *Psychol. Sci.*, 2004, 15, 806-813.
- [13] KUZMANOVIC B., BENTE G., VON CRAMON D.Y. *et al.* — Imaging first impression: distinct neural processing of verbal and non verbal social information. *Neuroimage*, 2012, 60, 179-188.
- [14] MC GUIGAN N., MAKINSON J., WHITENA — From overimitation to super-copying: Adults imitate causally irrelevant aspects of tool use with higher fidelity than young children. *Br. J. Psychol.*, 2011, 102, 1-18.
- [15] CHIA J.Y., HARADA T., OBY, *et al.* — Neural representations of social status hierarchy in human inferior parietal cortex. *Neuropsychologia*, 2009, 47, 354-363.
- [16] MILINSKI M., SEMMAN D., KRAMBECK H.J. — Reputation helps solve the “tragedy of commons.” *Nature*, 2002, 415, 424-426.
- [17] WELLMAN H.M., CROSS D., WATSON J. — Meta-analysis of theory of mind development: the truth about false belief. *Child Dev.*, 2001, 72, 655-684.
- [18] METCALFE J. — Evolution of metacognition. In *Handbook of metamemory and memory*. J. Dunlosky. Ed. 29-46. New-York. Psychol. Press.
- [19] GERVAIS H., BELIN P., BODDAERT N. — Abnormal cortical voice processing in autism. *Nat. Neurosci.*, 2004, 7, 801-802.
- [20] BODDAERT N., CHABANNE N., GERVAIS H. *et al.* — Superior temporal sulcus anatomical abnormalities in childhood autism: a voxel-based morphometry MRI study. *Neuroimage*, 2004, 23, 364-369.
- [21] ZILBOVICIUS M., BODDAERT N., BELIN P. *et al.* — Temporal lobe dysfunction in childhood autism: a PET study. *Am. J. Psychiatry*, 2000, 157, 1988-1993.
- [22] BRUNELLE F., BODDAERT N., ZILBOVICIUS M. — Autism and brain imaging. *Bull. Acad. Natl. Méd.*, 2009, 193, 287-97.
- [23] FAN F.M., TAN S.P., YANG F.D. — Ventral medial prefrontal functional connectivity and emotion regulation in chronic schizophrenia: A pilot study. *Neurosci. Bull.*, 2013, 29, 59-74.
- [24] GOGHARI V.M., SPONHEIM S.R. — More pronounced deficits in facial emotion recognition for schizophrenia than bipolar disorder. *Compr. Psychiatry*, 2012, 12, 234-239.
- [25] ROSSELL S.L., VAN RHEENEN T.E. — Theory of mind performance using a story comprehension task in bipolar mania compared to schizophrenia and healthy controls. *Cogn. Neuropsychiatry*, 2012, 18(5), 409-21.

## DISCUSSION

### **M. Jean-Pierre OLIÉ**

*Connaît-on chez l'individu non pathologique des conditions capables de modifier l'activité du STS ? Par exemple qu'en est-il en cas de préoccupation, de douleur chronique ou encore de dépression ?*

Cette question est très intéressante, mais à notre connaissance ces données ne sont pas encore disponibles dans la littérature. Dans notre laboratoire nous étudions les liens entre l'activité du STS au repos et les caractéristiques de la perception du regard. Nous venons de montrer chez de sujets jeunes adultes volontaires sains que plus cette activité est augmenté au repos (mesure du débit sanguin cérébral au repos par IRM) plus la personne regarde envers les yeux d'autrui ; en quelque sorte un lien entre une signature du fonctionnement du STS et une signature sociale comportementale.

### **M<sup>me</sup> Monique ADOLPHE**

*Avez-vous des explications sur le STS à partir des données que vous venez de nous transmettre, pour expliquer que certaines personnes reconnaissent plus facilement des visages des années après une rencontre alors que d'autres non ?*

Les liens entre le STS et l'hippocampe siège de la mémoire sont très étroits. Comme nous l'avons vu il existe de multiples mémoires et la mémoire des visages semble spécifique, comme la mémoire musicale, la mémoire des chiffres, etc. La mémoire en raison de la plasticité cérébrale peut être entretenue, on l'a vu dans l'exemple des taxis londoniens qui ont une épaisseur corticale hippocampique augmentée. Il est probable que la capacité de mémoriser les visages répond au même mécanisme d'entraînement. Il est aussi possible que des facteurs génétiques soient en cause, comme dans le cas de l' « oreille absolue ».

