

La conscience du « soi corporel » et la sortie de corps : Leur rôle dans la mémoire et le « soi étendu »

LORETXU BERGOUIGNAN

Basque Center on Cognition, Brain and Language (BCBL), centre ikerbasque, Donostia (Saint Sébastien)

Nous proposons une ébauche de compréhension du concept d'intégration multisensorielle qui sous-tend la conscience corporelle, c'est-à-dire le « soi corporel ». Ceci nous permettra d'approcher les effets de situations de sortie corporelle, situations communément présentes lors d'événements traumatiques qui affectent directement le système hippocampo-cortical. Les systèmes neuronaux multisensoriels associés à la conscience corporelle (1) et les systèmes mnésiques (2) sont souvent étudiés comme des systèmes isolés; pourtant, notre corps est bien un réceptacle constamment présent lors de chaque événement de notre vie encodé par le système mnésique. Il est temps d'adopter une vision intégrée et incorporée de l'assimilation des événements vécus.

Intégration multisensorielle et conscience corporelle

La conscience de « soi corporel » comprend la perception centrée sur le corps, fondée sur l'intégration des entrées sensorielles (1). Elle implique des mécanismes spatio-temporels intégrant des stimuli corporels multisensoriels dans l'espace péripersonnel (espace entourant le corps de l'individu). Le traitement des signaux corporels multisensoriels s'effectue dans le cortex fronto-pariétal, les régions temporo-pariétales plus postérieures et le cortex prémoteur (1). Dans certaines situations, les processus perceptifs se différencient des entrées sensorielles (voir plus bas). La perspective visuelle en conjonction avec une stimulation tactile, impliquant entre autre une synchronie de stimulation visuo-tactile, crée une stimulation multisensorielle sur le corps qui induit au niveau cérébral

une superadditivité. L'activité cérébrale au niveau des régions multisensorielles est alors supérieure à la simple addition des deux entrées sensorielles individuelles (i.e. la stimulation visuelle et la stimulation tactile, voir aussi l'exemple de superadditivité audiovisuelle Figure 1A). Les entrées multisensorielles permettraient ainsi à l'individu de localiser sa conscience de « soi corporel » au lieu même où se situe son corps.

Illusion modifiant la localisation du « soi corporel »

Les illusions perceptives, telles que l'illusion de la main en caoutchouc, ont démontré les possibles relocalisations de la conscience de « soi corporel » permettant l'identification d'un faux membre comme étant son propre membre corporel (3) (Figure 1B). L'illusion de la main en caoutchouc se produit lorsque la vraie et la fausse main sont caressées en même temps et à la même vitesse pendant une à deux minutes. En combinant, en synchronie, les entrées visuelles avec les sensations tactiles, le cerveau du participant conclut, à tort, que la main en caoutchouc fait partie de son propre corps. Basé sur le même fonctionnement, avec une installation comportant des outils de la réalité virtuelle, les participants sont exposés à l'illusion du corps entier (Figure 1C), ils s'identifient alors avec le corps entier illusoire (1, 4). Plus précisément, le participant perçoit l'entrée visuelle via une caméra 3D qui enregistre les entrées visuelles à l'emplacement choisi par l'expérimentateur. La retransmission aux participants s'effectue via des lunettes 3D. Un expérimentateur effectuera en parallèle, et en synchronie, une stimulation tactile sur la caméra où se trouve le corps illusoire, et

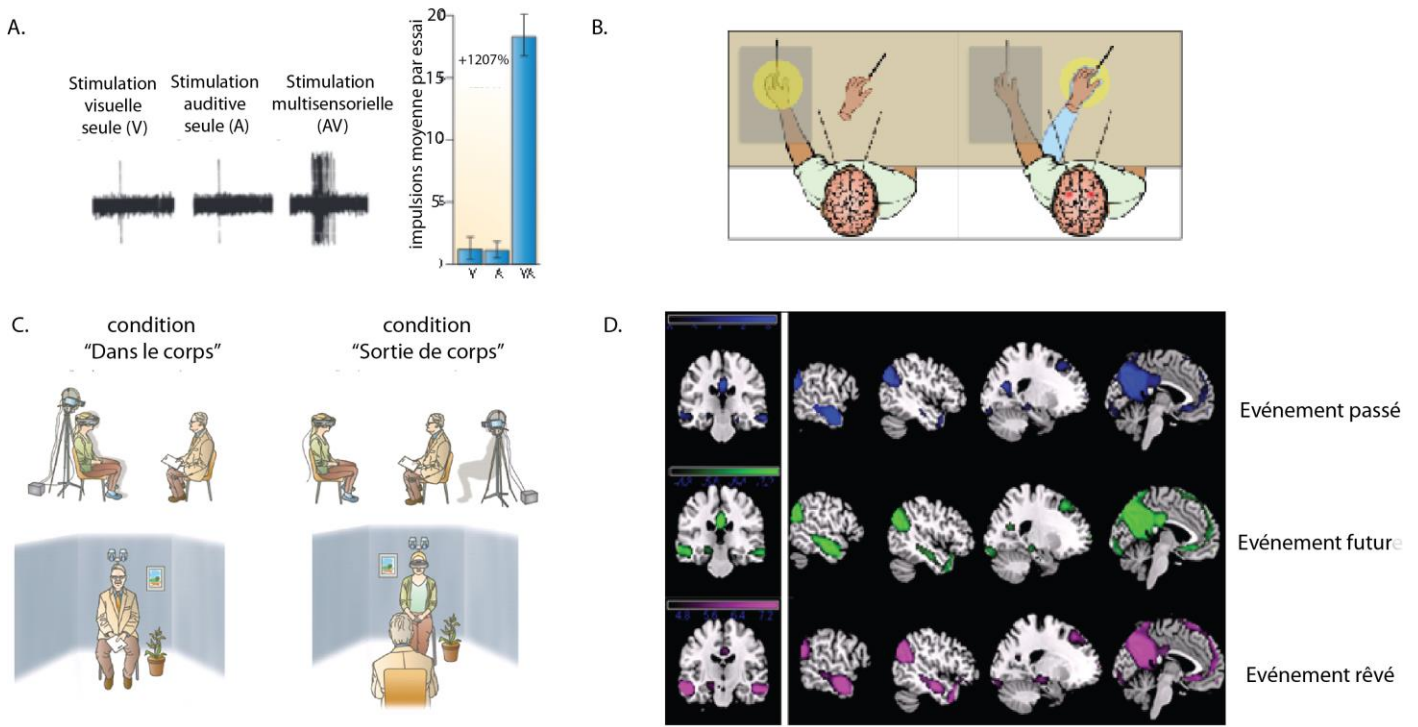


Figure 1 :

A. Exemple de l'effet de superadditivité au niveau d'un neurone multimodal chez l'animal. La superadditivité correspond à un calcul neuronal dans lequel la réponse multisensorielle est supérieure à la somme arithmétique de la réponse des stimuli le composant. Ici, l'activité neuronale lors de stimulation visuelle seule ; auditive seule, puis visuo-auditive. (À partir de Stein B. et Stanford R. 2008).

B. Protocole de l'illusion de la main en caoutchouc. La main gauche du participant ne lui est pas visible, seule la main en caoutchouc entre dans l'espace visuel du participant. La main réelle et la main en caoutchouc sont stimulées en synchronie par une stimulation tactile avec un pinceau, c'est alors que se produit, pour le/la participant(e), la sensation que la main en caoutchouc fait partie de son propre corps, alors que sa main gauche n'en fait plus partie. Illustration en libre accès de W. Wiese (correspondant au protocole expérimentale de Botvinick M. et Cohen J. 1998).

C. Protocole de l'illusion en corps entiers d'une interaction sociale avec le « professeur ». (À partir de Bergouignan L. et al. 2014).

D. Illustration du réseau hippocampo-cortical, actif lors du rappel de souvenir (mémoire autobiographique épisodique), mais aussi lors de simulation d'événements futurs ou événements rêvés en rêve éveillé. (À partir de Bergouignan L. & Paz-Alonso P. 2022).

sur le corps physique du participant. Le système visuel, en synchronie avec la stimulation tactile en direction du corps illusoire en même temps qu'une réelle stimulation tactile du corps physique du participant, permet un déplacement de la conscience du « soi corporel » vers la position du corps illusoire. Les neurones multimodaux qui intègrent les informations visuelles, tactiles et vestibulaires telles que définies dans le cortex pariétal postérieur et prémoteur du singe sont d'une importance clé pour ces aspects de la conscience de « soi corporel » (1). Chez l'être humain, selon les résultats de neuroimagerie décrits plus haut, ce sont les régions fronto-pariétales, temporo-pariétales et prémotrices qui sous-tendent l'identification et la localisation du « soi corporel » (5).

Expérience corporelle, expérience de vie

Les événements que nous traversons dans notre vie composent certainement ce que certains appelleraient le « soi étendu », c'est-à-dire ce que nous sommes,

notre soi autobiographique. Cette composition est fondamentalement unie à un « soi corporel » qui est en interaction avec l'environnement et les autres corps (autres objets ou autres individus, les événements vécus impliquant souvent des interactions sociales). Le « soi corporel » est le lieu d'interactions dans chaque événement vécu ou simulé (tels que pour les souvenirs, les événements futurs, ou les événements des rêves éveillés, Figure 1D). L'intégration de l'information se fait donc via une perception filtrée par ce corps qui perçoit. En parallèle, la conscience du « soi étendu » s'appuie sur le système cérébral lié à l'intégration des événements vécus (6). L'encodage ainsi que le rappel des événements vécus et simulés s'effectuent via le système hippocampo-cortical, incluant entre autre le cortex préfrontal médian et le précuneus (Figure 1D). Si la conscience du « soi corporel » émane des régions qui intègrent les entrées multisensorielles, la localisation de ce corps dans son contexte spatial est, pour sa part établie, en particulier, par le système hippocampique (5).

Distorsion de la conscience du « soi corporel » lors d'événements traumatiques

Chacun de nos événements vécus serait encodé à partir de notre propre corps, du point de vue naturel, i.e. à la première personne. Cette perspective à la première personne constitue le mode par défaut du traitement de l'information dans la cognition humaine et définit le cadre de référence spatial égocentrique, fondamental pour la perception spatiale, l'action et la cognition. Cependant, il est aussi commun qu'une dissociation corporelle se produise spontanément lors d'événements traumatiques. Au moment même du traumatisme où le corps de l'individu est impliqué, bien que l'individu recevant coups ou blessures ait les entrées sensorielles directement dirigées vers son corps, la perception des entrées sensorielles est ressentie comme en dehors de son corps. L'individu vit alors une dissociation corporelle comme s'il se regardait lui-même. La recherche clinique propose que la vulnérabilité aux flash-back pourrait être liée à ces réactions dissociatives au moment du traumatisme dans lesquelles la personne a ressenti une altération du sens du temps qui passe, une perte de réactivité émotionnelle ou une expérience de dissociation corporelle (7). Ces réactions dissociatives correspondraient à une réponse de "freezing" décrite chez l'animal. En effet, lors de danger corporel via la présence de prédateur ou lors d'accident, l'animal peut répondre avec l'une des trois réactions adaptatives: "fight", "fly", "freeze". L'état de "freezing" correspond à l'incapacité de bouger et d'agir face au danger, le corps de l'animal reste alors immobile. Chez l'homme son équivalent serait la réponse dissociative incluant la sortie de corps, celle-ci prédit le développement du syndrome post-traumatique (7). Aussi, il a été maintes fois démontré que les patients souffrant de trouble de stress post-traumatique ont une capacité réduite à se souvenir de l'événement traumatique, comme si l'événement traumatique était fragmenté, de même, ils perdent l'accès du rappel des autres événements vécus (déficit de la mémoire épisodique autobiographique) et ont une atrophie au niveau postérieur de l'hippocampe gauche (8, 9). La recherche ne permet pas, pour le moment, de préciser les causes de l'atrophie hippocampique et ni les causes des déficits mnésiques des patients en stress post-traumatiques.

Sortie de corps expérimentale en situation d'interaction sociale

Nous avons voulu déterminer si le processus de dissociation corporelle en lui-même pourrait être à l'origine de la perturbation du système mnésique (10). Nous avons donc mis en place un protocole

expérimental où le participant vit plusieurs événements correspondant écologiquement à un événement de vie: interaction sociale dans un contexte spatial complexe. Nous avons alors directement étudié l'effet spécifique de la dissociation corporelle sur l'encodage d'un événement chez le sujet adulte sans vécu traumatique, via l'utilisation de l'illusion de sortie de corps décrite au-dessus.

Dans ce protocole, nous indiquons au participant qu'elle/il aura un examen oral avec le Pr Ericson concernant quatre domaines de connaissances (géopolitique internationale, poésie, mécanique, neuroscience). Nous lui indiquons que l'expérience aura lieu dans une autre salle, une salle avec des outils de réalité virtuelle, où ses connaissances générales seront évaluées. Le/la participant(e) étudie alors la documentation concernant les quatre domaines de connaissances. Il/elle entre ensuite dans la salle d'expérimentation de réalité virtuelle. Dans cette salle, le/la participant(e) porte des lunettes 3D ainsi qu'un système audio durant tout le processus (Figure 1C). Une induction d'illusion s'effectue avant chaque événement avec une synchronie tactile et visuelle: deux expérimentateurs touchent en synchronie le lieu corporel illusoire (expérimentateur 1) et le même lieu au niveau du corps physique du participant (expérimentateur 2). Les expérimentateurs sortent du lieu et le "professeur" entre afin que l'événement commence. Le système audio 3D prend le relais durant tout l'événement pour une synchronie multisensorielle (visuo-auditive). Chaque participant vit deux événements en "sortie de corps", situation de dissociation corporelle induite, et deux événements "dans le corps", situation de soi corporelle incarnée au niveau de son propre corps (Figure 1C).

Le "professeur", qui est en réalité un acteur jouant le rôle de professeur, entre en interaction avec le/la participant(e) après l'induction de l'illusion corporelle choisie expérimentalement ("sortie de corps", ou "dans le corps"). Au-delà de l'évaluation, le "professeur" insère des monologues et injonctions dans chaque événement afin de rendre l'événement mémorable. Il s'agit donc d'un exercice d'acteur à script ouvert semi-structuré. Le "professeur" intègre les réponses personnelles du/de la participant(e) dans ses propos. Le contexte spatial de l'événement est également contrôlé. Une semaine plus tard, la capacité de rappel épisodique de chaque événement est testée. Les événements vécus en "sortie de corps" montraient significativement moins de rappels épisodiques que les événements encodés "dans le corps". L'étude en IRMf nous montre ensuite que la dissociation corporelle induite affecte directement le

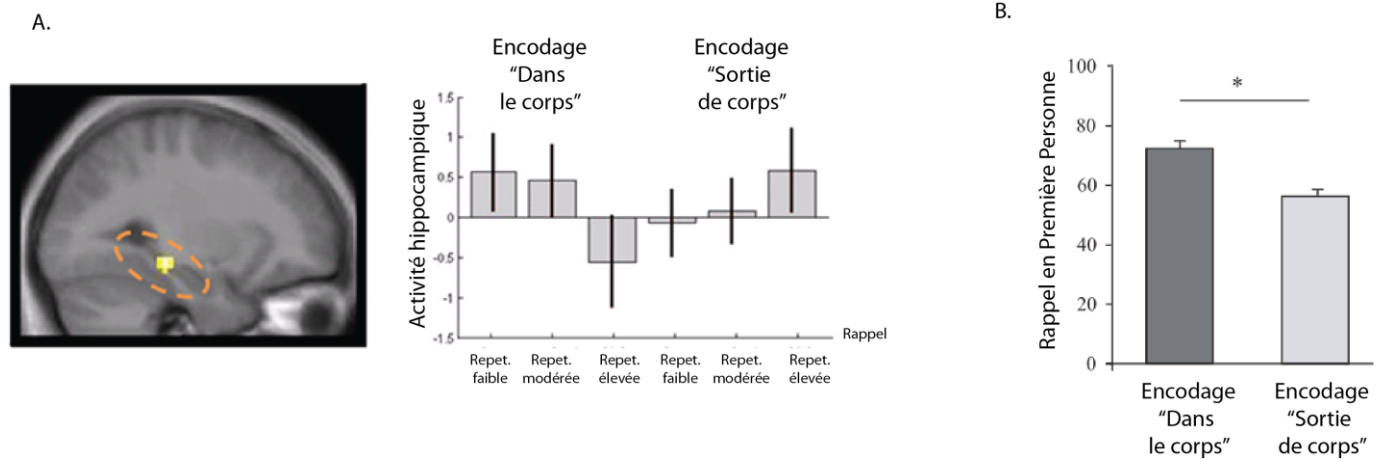


Figure 2 :

A. Effet sur le réseau hippocampo-cortical lors du rappel épisodique d'événements encodés « dans le corps » vs. « sortie de corps ». Seule la région postérieure hippocampique gauche reste sans activité lors des premiers rappels d'événements encodés en sortie de corps. Avec l'augmentation du nombre de rappels, lors de répétitions fréquentes, l'hippocampe s'active ; l'activité hippocampique suit donc l'inverse de la situation contrôle des événements encodés « dans le corps ».

B. Effet sur la qualité perceptive et plus précisément sur la perspective associée au rappel d'un événement encodé en condition « dans le corps » vs. en condition « sortie de corps ».

système hippocampique des participants. Tout se passe comme si la dissociation corporelle bloquait le système hippocampique à l'encodage, et qu'une demande de rappel récurrent inversait l'activité du système hippocampique lors du rappel (10) (Figure 2A). En effet, seule la région postérieure hippocampique gauche montre une différence d'activité cérébrale dans tout le réseau hippocampo-cortical. L'hippocampe reste sans activité lors des premiers rappels d'événements encodés en sortie de corps. Avec l'augmentation du nombre de rappels, lors de répétitions fréquentes, l'hippocampe s'active. Lors des rappels, l'activité hippocampique des événements encodés en « sortie de corps » suit donc l'inverse de la condition contrôle, i.e. les événements encodés « dans le corps ».

L'encodage épisodique des événements vécus nécessite donc de percevoir le monde du point de vue de la première personne centrée sur son corps physique réel. Les violations perceptives de cette condition de base produisent un rappel épisodique altéré, indicatif d'un encodage fragmenté. Ces résultats suggèrent un lien entre les expériences perceptives du corps et du monde du point de vue de la première personne et le système hippocampo-cortical de mémoire épisodique. Une expérience dissociative hors du corps lors d'un événement traumatique pourrait, à elle seule, altérer le mécanisme d'encodage et produire des images fragmentées, avec des informations spatio-temporelles désorganisées.

Interaction entre perception à l'encodage et perspective visuelle du rappel

Lors de dissociations corporelles simulées (Figure 1C), tout comme lors de dissociations corporelles vécues, la perception est encodée dans une perspective d'observateur, c'est à dire en troisième personne, par rapport au corps physique du participant. Si le percept du « soi corporel » est la source d'encodage de l'événement, un rappel à la troisième personne régulièrement observé chez les individus ayant vécu un traumatisme, pourrait provenir du percept d'encodage. Concernant la perspective visuelle du rappel, Freud notait, il y a plus de 100 ans, que dans la majorité des scènes d'enfance remémorées, une personne se souvient en se voyant « comme le verrait un observateur extérieur à la scène » (11). Dans ce type de perspective à la troisième personne lors du rappel, l'agent de l'expérience vécue devient un spectateur passif de son propre vécu. Freud a suggéré que la perspective à la troisième personne était un moyen de se distancer des vécus émotionnels difficiles qui ont eu lieu pendant l'enfance (souvenirs « écran », (11)). Selon ce modèle, le rappel des souvenirs d'un point de vue à la troisième personne, était compris comme nécessitant la transformation, pendant l'acte de rappel, de l'événement qui était supposé originellement être encodé à la première personne. Cette conception de transformation du souvenir lors du rappel a prévalu dans la littérature scientifique jusqu'à nos jours. Une autre possibilité est que la perspective à la troisième personne ait été adoptée lorsque l'événement a été vécu. Il pourrait donc

s'agir, lors d'événements spécifiques, de perspective en troisième personne au niveau de l'encodage perceptif.

L'événement serait alors plus tard rappelé dans sa forme originale. Nous avons récemment testé cette hypothèse avec le paradigme expérimental décrit plus haut (12). Les participants ont pris part à la fameuse interaction sociale (voir plus haut) tout en vivant une illusion de "sortie du corps" où ils ont perçu l'évènement et leur propre corps à la troisième personne. Lors des sessions de rappel environ 1 semaine plus tard, les événements encodés dans la condition "sortie du corps" par rapport à la condition de contrôle "dans le corps" étaient d'avantage rappelés en troisième personne (Figure 2B). Un élément essentiel à souligner dans cette étude est l'absence de lien entre le déficit épisodique et le rappel en troisième personne. L'effet perceptuel n'était absolument pas lié au déficit épisodique du rappel, mais seulement dû à la perception induite lors de l'encodage. Le rappel en troisième personne des événements traumatiques peut donc provenir du percept d'encodage, lorsqu'une dissociation corporelle a eu lieu.

En conclusion, lorsque la conscience du « soi corporel » est désincarnée, le système perceptif accompagne cette désincarnation et en parallèle le système hippocampo-cortical bloque l'intégration automatique de l'évènement: tout le système épisodique hippocampo-cortical qui gère notre capacité de rappel des souvenirs épisodiques autobiographiques et notre « soi étendu » est alors perturbé. L'incarnation de la conscience de « soi corporel » est essentielle pour une conscience du « soi étendu » intégrant nos événements vécus. Les processus mnésiques ont donc un lien direct avec les processus perceptifs corporels qu'il nous faut prendre en compte.

l.bergouignan@ni.eus

Remerciements: Nous remercions A. Bessouet pour la relecture orthographique du manuscrit.

Références

- (1) Blanke, O. *Nat Rev Neurosci* 13, 556–571. (2012)
- (2) Andersen, P. *The Hippocampus Book*, Oxford Neuroscience Series. (2007)
- (3) Botvinick M et Cohen J. *Nature* 391, 756. (1998)
- (4) Ehrsson HH. *Science*. 317 (5841):1048 (2007)
- (5) Guterstam A. et al. *Front Hum Neurosci*. 9:412. (2015)
- (6) Bergouignan L et Paz-Alonso P. *Cerebral Cortex*, 2022, bhac047. (2022)
- (7) Brewin CR. et al. *Psychol Rev*. 117(1):210-32. (2010)
- (8) Logue MW. et al. *Biological psychiatry*, 1:83(3):244-253. (2018)
- (9) Postel C. et al. *Neurobiology of stress*, vol 15, 100346. (2021)
- (10) Bergouignan L. et al. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 111(12):4421-6 (2014)
- (11) Freud, S. (1899/1953). In J. Strachey (Ed.), *Sigmund Freud: Collected papers* (vol. VI, pp. 43–63). The Hogarth Press.
- (12) Bergouignan L. et al. *J Cogn Psychol*, 34 : 1, 160-178. (2022)