



HAL
open science

Un cas d'incarnation linguistique : implication du système moteur orofacial dans les ruminations mentales

Hélène Loevenbruck, Ladislav Nalborczyk, Marcela Perrone-Bertolotti, Céline Baeyens, Romain Grandchamp

► To cite this version:

Hélène Loevenbruck, Ladislav Nalborczyk, Marcela Perrone-Bertolotti, Céline Baeyens, Romain Grandchamp. Un cas d'incarnation linguistique : implication du système moteur orofacial dans les ruminations mentales. *La cognition incarnée*, 33, Vrin, pp.297-324, 2017, Recherches sur la philosophie et le langage, 978-2-7116-8423-6. hal-01887636

HAL Id: hal-01887636

<https://hal.science/hal-01887636>

Submitted on 4 Oct 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Un cas d'incarnation linguistique :

implication du système moteur orofacial dans les ruminations mentales

Hélène Løevenbruck¹, Ladislav Nalborczyk^{1,2}, Marcela Perrone-Bertolotti¹, Céline Baeyens³,
Romain Grandchamp¹

¹LPNC, CNRS UMR 5105, Université Grenoble Alpes, Grenoble, France

²Department of Experimental Clinical and Health Psychology, Université de Ghent, Belgique

³Université Grenoble Alpes, LIP, EA 41-45, Grenoble, France

Résumé

Deux conceptions de la nature de la parole intérieure s'opposent sur le plan théorique. Dans la lignée de la conception incarnée du langage, l'hypothèse de la *Simulation Motrice* conçoit la parole intérieure comme un acte moteur imaginé, simulé. Dans la conception mentaliste du langage, les tenants de l'hypothèse de l'*Abstraction* soutiennent que la parole intérieure est abstraite, appauvrie sur le plan articulatoire, voire amodale, et ne nécessite pas l'implication du système moteur. Prenant pour cas d'étude les ruminations mentales verbales, une forme de parole intérieure négative, répétitive, excessive et par conséquent abondante, nous proposons deux tests expérimentaux de ces hypothèses opposées. Le premier test examine si les ruminations mentales provoquées par un paradigme classique d'induction sont associées ou non à une activation motrice labiale, en mesurant l'activité électromyographique des lèvres. Le deuxième test évalue la contraposée de l'hypothèse de la Simulation Motrice, c'est-à-dire examine l'effet de la réduction de l'activité motrice orofaciale sur les ruminations, grâce à un protocole de relaxations ciblées. Nos résultats préliminaires semblent dans l'ensemble en faveur d'une nature incarnée et motrice des ruminations mentales. Le premier test montre en effet l'implication de la musculature labiale durant les ruminations. Le deuxième test suggère que le type de rumination induit par notre paradigme peut être réduit en relaxant spécifiquement les muscles de la parole, tels que les muscles des lèvres. Des études complémentaires sont envisagées pour confirmer ces résultats préliminaires, qui semblent soutenir l'hypothèse de la *Simulation Motrice*, selon laquelle la parole intérieure correspond à de la parole à voix haute simulée articulatoirement et inhibée avant l'exécution motrice.

Mots-clés

Parole intérieure - ruminations mentales - Simulation Motrice – Abstraction – EMG faciale - Relaxation

INCARNATION LINGUISTIQUE

En linguistique, l'approche incarnée trouve son origine chez Merleau-Ponty qui dès 1945 proposait que la parole soit une action, un geste et que le « geste linguistique comme tous les autres, dessine lui-même son sens » (Merleau-Ponty, 1945, p.235). Plus précisément, selon Merleau-Ponty, « La prédominance des voyelles dans une langue, des consonnes dans une autre, les systèmes de construction et de syntaxe ne représenteraient pas autant de conventions arbitraires pour exprimer la même pensée, mais plusieurs manières pour le corps humain de célébrer le monde et finalement de le vivre » (p.236). Le corps ferait donc partie intrinsèque de la parole et de la communication avec autrui. Le langage, dans sa fonction sociale de communication avec autrui, serait ainsi incarné, selon les termes actuels des sciences cognitives (e.g. Wilson, 2002). Le corps jouerait également un rôle crucial dans la fonction réflexive du langage. Selon Merleau-Ponty, la parole permet de construire, d'élaborer la pensée. « La pensée (...) n'existe pas hors du monde et hors des mots », elle coïncide avec l'acte d'expression, avec la gesticulation verbale, même intérieure. La parole (intérieure ou non) est donc conçue par Merleau-Ponty comme un geste, un processus sensori-moteur qui constitue et qui actualise le sens.

Dans la perspective théorique de Merleau-Ponty, l'approche incarnée du langage décrit le langage comme un acte moteur corporel en interaction avec l'environnement (Clark, 2006 ; Johnson & Lakoff, 2002 ; Wilson, 2002). Cette approche se place en opposition avec la conception mentaliste, selon laquelle le langage est l'expression de représentations mentales universelles et correspond à des symboles abstraits, manipulés par des règles déconnectées du corps (*cf.* Chomsky, 1965). Dans une conception incarnée du langage, sémantique et pragmatique ont leur racine dans un processus sensorimoteur, une expression corporelle en interaction située avec autrui et le monde (tel que l'envisagent par exemple Bottineau, 2014 ou Perrin, dans ce volume). La parole est donc une gesticulation, ritualisée selon des normes propres à chaque culture et à chaque langue, et peu à peu intégrées par chaque individu. La question que nous posons dans cet article est la suivante : ces gestes culturels, constitutifs de la communication avec autrui et avec soi-même, sont-ils aussi en jeu, sous forme simulée, lors de la parole intérieure ? La parole intérieure peut-elle elle-même être conçue comme un acte moteur, imaginé, et peut-on observer dans certains cas des traces physiologiques de cette simulation motrice ?

LES RUMINATIONS MENTALES COMME UN CAS DE PAROLE INTERIEURE PERTINENT

Les ruminations mentales sont des pensées répétitives qui tournent autour d'un thème commun et qui se répètent en l'absence d'exigences environnementales immédiates requérant ces pensées (Martin & Tesser, 1996). Les ruminations sont fréquentes chez tous les individus. Cependant elles peuvent être excessives et devenir pathologiques (Davis & Nolen-Hoeksema, 2000). Dans ce cas, les mêmes pensées, en général négatives, sont alors ressassées sans que les personnes ne puissent s'en empêcher, comme l'illustre si puissamment Fiodor Dostoïevski dans *Crime et Châtiment* (1866) : « *Il y avait une idée étrange qui lui poussait, à coups de bec, à l'intérieur du crâne, comme un poussin qui voudrait naître, une idée qui l'occupait beaucoup, vraiment beaucoup* ». Ruminer de façon excessive entraîne une modification dans le fonctionnement cognitif impactant les performances des individus dans différents domaines. Par exemple, Davis et Nolen-Hoeksema (2000) ont montré que les ruminations excessives mènent à de plus faibles capacités de résolution de problèmes, un biais de rappel vers des souvenirs négatifs, un pessimisme excessif et une flexibilité cognitive appauvrie, avec une tendance à commettre des erreurs de type persévération dans des tests neuropsychologiques. Les ruminations, via leurs conséquences psychologiques, constituent un facteur de risque de dépression et d'autres troubles psychiatriques, tels que la phobie sociale, le trouble obsessionnel compulsif, le trouble de stress post-traumatique, les troubles des conduites alimentaires, les troubles de l'image du corps, les troubles liés à l'alcool (Davis & Nolen-Hoeksema, 2000 ; Baeyens, Kornacka, & Douilliez, 2012).

Si les ruminations prennent parfois la forme d'images visuelles, ou de sensations, elles sont le plus souvent de nature verbale (Watkins *et al.*, 2005 ; Rood *et al.*, 2012). Les ruminations mentales de type verbal sont donc une forme de parole intérieure négative, répétitive et excessive. Leur qualité abondante et excessive et leur fréquence dans la population générale en font par conséquent un cas de parole intérieure spontanée intéressant, pouvant se soumettre à l'étude objective.

NATURE ABSTRAITE OU INCARNEE DE LA PAROLE INTERIEURE ?

La parole intérieure concerne les neurosciences et la psychologie cognitives car elle joue un rôle central dans la mémoire de travail, la mémoire autobiographique, la planification, la

résolution de problème, la lecture, l'écriture, la pensée, la conscience de soi, l'auto-régulation et le développement du langage chez l'enfant (pour une revue détaillée, voir Perrone-Bertolotti, Rapin, Lachaux, Baciù, & Lœvenbruck, 2014). Toutefois, les premiers à s'y être intéressés sont les écrivains (en particulier F. Dostoïevski, E. Dujardin, J. Joyce, V. Woolf, S. Beckett), les philosophes (Platon, Aristote, T. Ribot, V. Egger), les psychanalystes (notamment J. Lacan) et les chercheurs en sciences humaines, avec comme principal instrument d'exploration l'introspection et la réflexion. L'introspection a ainsi fourni des descriptions détaillées de la forme du langage intérieur. On en trouve des illustrations dans de nombreux romans, notamment ceux inscrits dans le courant du « monologue intérieur » initié par Edouard Dujardin (*cf.* Smadja, à paraître). La forme linguistique du langage intérieur, telle que la rapportent philosophes et écrivains, semble se distinguer de celle de la parole à haute voix. Par exemple, Victor Egger (1881) note que la parole intérieure, étant dirigée vers nous-même et ne devant être comprise que de nous-même, peut être déformée, modifiée, abrégée et est donc différente de la parole à voix haute. Vygotski (1934/1985) partage cette conception et affirme que la forme linguistique du langage intérieur le rend difficile à comprendre : « *Le discours intérieur est abrégé, décousu, fragmenté, incompréhensible pour un auditeur extérieur.* ». Il ajoute que des mots importants ou des affixes grammaticaux peuvent être omis. Selon d'autres chercheurs en sciences humaines — psychologues, psycholinguistes ou linguistes — la forme phonologique des mots produits en parole intérieure peut être incomplète (Dell & Repka, 1992 ; Sokolov, 1972). Dans cette lignée, Bergounioux (2001, p.120), précise que « *l'endophasie ne semble différer de la parole explicite ni par sa grammaire, ni par son lexique, à la réserve d'un emploi généralisé de l'asyndète et de l'anaphore, et d'une surreprésentation de la prédictivité* ». La parole intérieure est même considérée par certains chercheurs comme une abstraction (Oppenheim & Dell, 2008). Bergounioux (2001) précise que, d'un point de vue phénoménologique, l'endophasie, correspond à la parole sans signal (« *Endophasia, phenomenologically speaking, is speech without a signal* »). Cette caractérisation abstraite de la parole intérieure peut être considérée comme s'inscrivant dans la lignée de la conception chomskyenne du langage, selon laquelle des représentations profondes, abstraites, universelles, sont sous-jacentes aux formes de surface exprimées oralement (Chomsky 1957, 1965 ; *cf.* aussi Pinker, 1989). Elle est également cohérente avec l'hypothèse de l'existence d'un « mentalais » universel, supposé sous-tendre les processus mentaux et les pensées complexes (Fodor, 1975).

En opposition à cette conception « abstraite » ou mentaliste de la parole intérieure, d'autres chercheurs, dans une démarche que l'on peut rapprocher de celle du programme « *embodied cognition* » ou « cognition incarnée », ont cherché à recueillir des signaux concrets émanant de la parole intérieure. Une des premières formulations de la parole intérieure comme un processus impliquant des actions motrices remonte aux travaux de Watson au début du XX^{ème} siècle. Watson décrivait la parole intérieure (qu'il désignait par le terme de « langage implicite ») comme une forme affaiblie de parole à voix haute, impliquant des actions ténues, infimes, « abrégées, court-circuitées et économisées » (Watson, 1919, p. 327). Ainsi, Watson considérait que la parole intérieure impliquait des mouvements articulatoires infimes. Cette hypothèse extrême, qui inclut la présence de mouvements articulatoires pendant la pensée verbale, a cependant été réfutée. Smith *et al.* (1947) ont administré du curare à un participant pour induire une paralysie orofaciale temporaire. Alors que le participant était devenu complètement incapable d'articuler, il était resté capable de comprendre les questions qu'on lui posait et de répondre par des contractions du sourcil, ou bien de se remémorer les questions après la séance. Cette expérience montre donc que la pensée verbale et la parole intérieure peuvent avoir lieu sans articulation et que l'hypothèse extrême de Watson n'est pas tenable. Selon une conception plus nuancée, la parole intérieure ne doit pas être considérée comme de la parole à voix haute affaiblie, mais comme une simulation mentale de la production de parole à voix haute. Selon cette conception physicaliste ou incarnée, la production de parole intérieure est considérée comme similaire à la production de parole à voix haute, le processus d'exécution motrice étant bloqué, l'articulation inhibée et la parole restant silencieuse (Grèzes & Decety, 2001 ; Postma & Noordanus, 1996). Ainsi un continuum existerait entre la parole à voix haute et la parole intérieure, en lien avec le continuum décrit par Decety et Jeannerod (1996) pour les actions imaginées et effectives. Cette hypothèse dite de la « Simulation Motrice » a conduit certains auteurs à considérer que la parole intérieure, par essence, partage certaines des caractéristiques des actions motrices de parole (Feinberg, 1978 ; Jones & Fernyhough, 2007). Elle est confortée par un certain nombre d'observations empiriques.

En premier lieu, la parole à voix haute et la parole intérieure ont des corrélats acoustiques subjectifs similaires : la qualité sonore, le rythme, le tempo et la hauteur (grave ou aigu) du son sont rapportés comme similaires en parole intérieure et en parole à voix haute (Mackay, 1992). On peut s'en convaincre aisément en lisant mentalement les chiffres d'un numéro de téléphone.

On entend alors intérieurement les pauses, les regroupements par nombre, les montées et descentes mélodiques typiques de la parole à voix haute. Ceci suggère que la parole intérieure génère, tout comme la parole à voix haute, des sensations rythmiques et prosodiques.

En second lieu, la parole à voix haute et la parole intérieure sont associées à des corrélats physiologiques comparables : des mesures objectives de taux de respiration, de débit d'élocution et d'activité musculaire suggèrent en effet que la parole intérieure est planifiée physiquement, de façon semblable à la parole à voix haute. En ce qui concerne le taux de respiration, Conrad et Schönle (1979) ont examiné la respiration durant le repos, la parole intérieure (sans articulation ni vocalisation), la parole subvocale (avec des mouvements articulatoires infimes mais sans production sonore) et la parole à voix haute. Ils ont montré que le cycle respiratoire varie selon un continuum, du repos jusqu'à la parole à voix haute, en passant par la parole intérieure puis la parole subvocale. Cette transition continue se manifeste par une augmentation progressive de la durée de la phase expiratoire. Alors que pour le repos, le cycle respiratoire est symétrique, avec des phases d'inspiration et d'expiration de durées similaires, il est fortement asymétrique pour la parole à voix haute, avec une phase d'inspiration courte et une phase d'expiration longue permettant l'émission de parole. Conrad et Schönle ont montré que la parole intérieure est elle aussi caractérisée par une durée de la phase expiratoire plus longue que celle de la phase d'inspiration. Ils en concluent que cette modification du cycle respiratoire entre le repos et la parole intérieure suggère que les processus moteurs de la parole interviendraient lors de la production intérieure. En ce qui concerne le débit d'élocution, Netsell *et al.* (2010), par exemple, ont examiné la production de phrases en parole à voix haute et en parole intérieure chez des locuteurs typiques. Les participants marquaient le début et la fin de leur énonciation en appuyant sur un bouton. Netsell *et al.* ont ainsi montré que dans ce type de tâche, les débits d'élocution en voix haute ou intérieure ne sont pas différents. Enfin, en ce qui concerne l'activité musculaire orofaciale, il a été suggéré dès la fin du XIX^{ème} siècle que la parole intérieure pourrait être associée à une contraction infime des muscles des lèvres. On peut faire soi-même l'expérience de cette activité labiale en effectuant l'exercice proposé par Stricker (1885, chapitre II) : *Ouvrez vos lèvres pour qu'elles prennent la forme requise pour prononcer le son « o » et essayez d'imaginer que vous êtes en train de prononcer le son « m »*. Dans la posture labiale ouverte et arrondie requise pour prononcer « o », le fait de prononcer mentalement le son « m » fait imperceptiblement resserrer les lèvres et l'on sent une légère contraction. Ainsi, selon Stricker (p. 21) : « *l. A la*

représentation de chaque son oral se rattache inséparablement un sentiment (plus ou moins distinct) dans les organes articulatoires. II. Ces sentiments ont leur siège dans les muscles. III. Ces sentiments sont semblables à ceux qui président à la prononciation réelle des sons articulés. » Ces « sentiments musculaires » qui interviendraient lors de la « pensée des sons articulés » (la parole intérieure), ont été mis en évidence par quelques rares enregistrements électromyographiques lors de tâches contrôlées impliquant la parole intérieure. Les signaux électromyographiques (EMG) sont des potentiels électriques associés aux contractions musculaires. Ils prennent leur origine dans le cortex moteur qui génère des potentiels d'action qui transitent le long des cellules nerveuses et sont transmis aux fibres musculaires, résultant en une contraction du muscle. Lors de la parole à voix haute, on peut enregistrer une activité EMG dans les muscles orofaciaux qui contrôlent les mouvements articulatoires, notamment dans les lèvres. Certains chercheurs sont parvenus à mettre en évidence une activité EMG orofaciale dans des situations mettant en jeu la parole intérieure. Une activité EMG a ainsi été détectée dans les muscles liés à la production de parole lors de tâches d'imagerie verbale ou de répétition silencieuse (Jacobson, 1931 ; Sokolov *et al.*, 1972). McGuigan et Dollins (1989) ont recueilli des données EMG qui montrent que les muscles des lèvres sont activés lorsque les participants lisent silencieusement la lettre « P » (qui, à voix haute, recrute les lèvres), mais pas la lettre « T » (qui, à voix haute, recrute la langue). De façon réciproque, les muscles de la langue sont seulement activés pour la lettre « T ». Livesay *et al.* (1996) ont obtenu une activité EMG dans les lèvres lors d'une tâche de récitation mentale, mais pas lors d'une tâche de visualisation (non verbalisée). Les résultats d'une étude sur les rêves suggèrent que la parole intérieure qui survient dans les rêves est accompagnée d'une activité EMG dans les muscles de la parole (Shimizu & Inoue, 1986). Il a également été montré qu'une activité EMG dans le muscle orbiculaire de la bouche (*orbicularis oris*) inférieur peut être détectée lors des hallucinations auditives verbales chez des patients souffrant de schizophrénie (Rapin, Dohen, Polosan, Perrier, & Løevenbruck, 2013).

En dernier lieu, la parole à voix haute et la parole intérieure présentent également des corrélats cérébraux comparables. De façon générale, la parole intérieure et la parole à voix haute activent toutes deux les aires essentielles du langage, dans l'hémisphère gauche, *i.e.* les aires de Broca et de Wernicke ainsi que le lobule pariétal inférieur (Baciu *et al.*, 1999 ; Basho *et al.*, 2007 ; Bookheimer *et al.*, 1995 ; Huang *et al.*, 2002 ; McGuire *et al.*, 1996 ; Palmer *et al.*, 2001 ; Partovi *et al.*, 2012 ; Shergill *et al.*, 2001). Des différences existent cependant. Un certain nombre

d'études IRMf obtient plus d'activation du cortex moteur primaire pour la parole à voix haute que la parole intérieure (e.g. Palmer, 2001), ce qui conforte l'hypothèse de la *Simulation Motrice*, selon laquelle la parole intérieure est considérée comme de la parole à voix haute avec un blocage de l'exécution motrice. De plus, des activations plus importantes pour la parole à voix haute ont également été observées dans l'insula et dans les régions sensorielles, auditives notamment (Bookheimer *et al.*, 1995 ; Huang *et al.*, 2002 ; Palmer *et al.*, 2001 ; Shuster & Lemieux, 2005 ; Owen *et al.*, 2004). La plus forte activation de l'insula peut être reliée au rôle de cette région dans la planification articulatoire (Dronkers, 1996), cruciale en voix haute, et probablement moins nécessaire en parole intérieure. L'activation plus importante des aires auditives reflète le fait que la production de parole à voix haute est associée à la perception de notre propre parole. En effet, on s'entend parler à voix haute et notre système auditif est plus stimulé que dans la parole intérieure (au cours de laquelle on a aussi des sensations auditives, mais l'absence de son rend inutile le traitement complet du signal sonore depuis l'oreille jusqu'au cortex auditif). De façon réciproque, certaines études IRMf ont montré plus d'activation dans la parole intérieure que dans la parole à voix haute dans un certain nombre de régions cérébrales, notamment le gyrus frontal supérieur rostral droit, le gyrus temporal moyen gauche, le gyrus cingulaire droit, les lobules pariétaux inférieurs et supérieurs droits (Basho *et al.*, 2007 ; Owen *et al.*, 2004 ; Shuster & Lemieux, 2005). Ces observations suggèrent que la parole intérieure ne peut être simplement considérée comme la parole à voix haute à laquelle on aurait soustrait l'exécution motrice. Certains résultats peuvent s'expliquer par une meilleure qualité du signal dans les conditions de parole intérieure, due à l'absence de mouvements de la tête, l'articulation à voix haute entraînant de faibles mouvements irrépessibles. De façon plus intéressante, les activations dans les régions listées ci-dessus peuvent aussi être expliquées par des processus d'inhibition de la réponse à voix haute (lorsqu'on doit produire un mot mais ne pas le dire à voix haute).

En résumé, l'ensemble de ces observations suggère que la parole intérieure et la parole à voix haute partagent des corrélats subjectifs, physiologiques et neuraux et corrobore l'hypothèse selon laquelle la parole intérieure serait une simulation motrice de la parole à voix haute.

L'hypothèse de la *Simulation Motrice* a cependant été remise en question par certains résultats expérimentaux issus de la psycholinguistique. L'analyse des erreurs de production de parole peut renseigner sur la façon dont nous planifions et coordonnons notre articulation. Le fait que des erreurs surviennent également en parole intérieure nous indique que des processus de

planification similaires sont en jeu. Oppenheim et Dell (2010) ont ainsi comparé les types d'erreur observés en parole intérieure et en parole à voix haute lors de la répétition de virelangues. Leur analyse des erreurs commises se fonde sur le modèle de production de la parole de Dell (1986). Dans ce modèle, lors de l'énonciation d'un mot, la première phase consiste en la récupération du concept, au niveau sémantique (par exemple « un petit objet rond avec lequel on joue au tennis »). Dans la deuxième étape, au niveau lexical, on accède au mot (dans notre exemple : « balle »). Puis, au niveau phonologique, les phonèmes sont spécifiés, *i.e.* les sons qui composent ce mot (/b/, /a/ et /l/). Enfin dans une dernière étape, au niveau articulatoire, sont choisis les traits ou les gestes articulatoires à produire pour cet enchaînement de sons (geste labial voisé et occlusif pour /b/, geste d'abaissement de la mandibule et de la langue pour /a/, geste de contact lingual alvéolaire avec écoulement d'air latéral pour /l/). Selon Dell *et al.*, la parole intérieure peut être vue comme de la parole à voix haute tronquée, n'impliquant que la première partie des étapes impliquées dans la parole à voix haute. Leur argument se fonde sur les biais observés lors des erreurs de production dans les deux types de parole. Les psycholinguistes ont en effet montré que les erreurs de production à voix haute comportent un biais lexical (*e.g.* Baars *et al.*, 1975), les erreurs correspondant plus souvent à des substitutions vers des mots de notre lexique (ainsi « balle » pourra être substitué par « dalle », « salle » ou « malle » plus que par « nalle » qui n'est pas un mot). Ce biais est expliqué par Dell et ses collègues par des activations réciproques ascendantes (*bottom-up feedbacks*) entre les niveaux phonologique et lexical. Ainsi, lors de la répétition de virelangues (tels que « balle datte balle datte»), lorsqu'au niveau phonologique un phonème est activé trop précocement, le signal de *feedback* remontant vers le niveau lexical peut activer le mot du lexique qui contient ce phonème (« dalle »). Ce biais lexical a également été observé en parole intérieure dans plusieurs études (notamment Oppenheim & Dell, 2008 et Corley *et al.*, 2011). Il paraît donc vraisemblable que la parole intérieure requiert les étapes lexicales et phonologiques, et pas uniquement l'étape conceptuelle.

La question qui reste ouverte est celle de savoir si la parole intérieure recrute également la dernière étape, qui inclut des spécifications articulatoires. Or les erreurs en production de parole à voix haute présentent, en plus du biais lexical, un biais de similarité phonémique (ou biais articulatoire), c'est-à-dire une tendance à échanger des phonèmes présentant des traits articulatoires communs : on observera plus fréquemment des erreurs de « balle » vers « malle » que de « balle » vers « salle », les deux consonnes initiales de la première paire partageant les

traits de labialité et de voisement alors que les deux consonnes de la deuxième paire sont très différentes articulatoirement. Oppenheim et Dell (2008) n'ayant pas observé de biais articulatoire en parole intérieure, ils en ont conclu que la parole intérieure n'est pas spécifiée au niveau articulatoire et qu'elle reste de nature abstraite. Toutefois, dans des expériences similaires, Corley *et al.* (2011) obtiennent bien ce biais, même en parole intérieure, et suggèrent que la parole intérieure requiert bien des spécifications articulatoires, en accord avec l'hypothèse de la *Simulation Motrice*. Néanmoins, d'autres observations peuvent encore remettre en cause cette hypothèse. Les expériences de Netsell *et al.* (2010) sur le débit d'élocution, citées plus haut, ont également été conduites chez des personnes qui bégaièrent. Leurs résultats montrent que les personnes qui bégaièrent ont un débit d'élocution significativement plus lent en parole à voix haute qu'en voix intérieure. De plus, parmi les sept personnes bègues enregistrées, six ont rapporté que leur parole intérieure est complètement fluide. Ceci peut être interprété en faveur de l'hypothèse de l'*Abstraction*, selon laquelle la parole intérieure ne nécessite pas une spécification intégrale du niveau articulatoire, ce qui expliquerait pourquoi elle n'est pas perturbée chez les personnes qui bégaièrent. De plus, l'hypothèse de la *Simulation Motrice* implique que la parole intérieure partagerait un grand nombre de processus avec la parole à voix haute, sans aller jusqu'au processus d'exécution motrice, et que par conséquent la parole à voix haute engloberait la parole intérieure. Certaines études de patients cérébro-lésés semblent corroborer l'hypothèse que parole à voix haute et parole intérieure partagent certains processus. En effet, un grand nombre d'étude de patients souffrant d'aphasie de Broca (région impliquée, entre autres, dans la production de parole) a montré que le déficit de parole à voix haute s'accompagne d'une perturbation de la parole intérieure (Levine, Calvanio & Popovics, 1982) ou que la parole intérieure reste intacte (Baddeley & Wilson, 1985 ; Vallar & Cappa, 1987), ce qui signifie bien que seules les étapes ultimes de production articulatoire sont endommagées. Toutefois, certaines études semblent contradictoires et ont rapporté des cas de patients présentant des difficultés à effectuer des jugements de rime en parole intérieure sans déficit dans les mêmes tâches en parole à voix haute. Ces cas ont été interprétés comme le fait que la parole intérieure ne peut être décrite comme de la parole à voix haute sans la composante motrice (Geva *et al.*, 2011 ; Martin *et al.*, 2014). Toutefois, nous proposons une explication alternative. Les tâches de jugement de rimes s'appuient sur une image auditive des mots à évaluer et impliquent le cortex auditif (cf. par exemple Paulesu, Frith & Frackowiak, 1993). La parole à voix haute fournit une trace acoustique

qui stimule le cortex auditif et permet la comparaison sonore des mots pour juger s'ils riment. Dans le cas de la parole intérieure, cette trace acoustique n'est que simulée mentalement, avec une saillance moindre et une forme auditive plus évanescence que lors de la parole à voix haute, comme le suggère la plus faible activité du cortex auditif lors de la production de parole intérieure comparée à la parole à voix haute (Perrone-Bertolotti *et al.*, 2014). Ainsi, le déficit observé ne serait pas la preuve d'une dissociation entre les processus de parole intérieure et de parole à voix haute mais indiquerait simplement une plus faible saillance auditive des sensations acoustiques évoquées lors de la parole intérieure.

Ainsi, pour résumer, la question reste ouverte : la parole intérieure semble bien correspondre à de la parole à voix haute tronquée ou inhibée mais le niveau où a lieu la troncation fait encore l'objet de débats. Il reste à déterminer si le niveau articulatoire, et donc le système moteur, est systématiquement impliqué lors de la production de parole intérieure. Deux conceptions de la parole intérieure s'opposent. Selon l'hypothèse de la *Simulation Motrice*, la parole intérieure est incarnée. C'est une action simulée, elle implique le système moteur de la parole. Les mouvements articulatoires sont spécifiés mais inhibés. Selon l'hypothèse de l'*Abstraction*, la parole intérieure est de nature abstraite, intégrant éventuellement des représentations lexicales et phonologiques, mais ne requérant pas le niveau articulatoire, *i.e.* ne recrutant pas le système moteur.

DEUX PROPOSITIONS DE TEST EXPERIMENTAL DE L'HYPOTHESE DE LA SIMULATION MOTRICE

Afin d'éclairer le débat entre les conceptions incarnée et abstraite de la parole intérieure, nous présentons ici brièvement l'étude empirique détaillée dans Nalborzyk *et al.* (2017), dont le but était de tester l'hypothèse de l'implication du système moteur orofacial dans un cas de parole intérieure fréquent et récurrent : la rumination mentale.

Une prédiction de l'hypothèse de la *Simulation Motrice* est que les ruminations, en tant que cas particulier de la parole intérieure, requièrent l'activation du système moteur orofacial. Les ruminations devraient donc être accompagnées d'une activité dans les muscles faciaux liés à la production de parole, tels que les muscles labiaux. Elles devraient également être accompagnées d'activité dans les muscles liés aux émotions négatives, tels que les muscles du front (Jäncke *et al.*, 1996). Elles ne devraient pas cependant impliquer les muscles non-faciaux, tels que les

muscles du bras. De plus, si les ruminations requièrent le système moteur, alors, par contraposée, bloquer le système moteur devrait interférer avec la production de rumination. Une prédiction de l'hypothèse de la *Simulation Motrice* serait donc que la relaxation des muscles orofaciaux, réduisant l'implication du système moteur, devrait faire diminuer les ruminations mentales de façon plus importante que la relaxation des muscles du bras ou que l'écoute d'une histoire distrayante.

L'hypothèse de l'*Abstraction*, quant à elle, prédit que les ruminations devraient être associées à une activité dans les muscles faciaux liés aux émotions, tels que les muscles du front, mais ne devraient pas requérir une activité des muscles liées à la parole, tels que les muscles labiaux, ni des muscles non faciaux, tels que les muscles du bras. De plus, la relaxation centrée sur les muscles orofaciaux ne devraient pas avoir un effet d'interférence supérieur à celle centrée sur les muscles du bras.

Pour tester ces prédictions, notre étude comportait deux parties. La première partie visait à examiner si les ruminations mentales induites sont associées ou non à une activation motrice labiale. Les activités EMG de différents muscles ont été enregistrées : les muscles *orbicularis oris* supérieur et inférieur (muscles labiaux), le muscle *frontalis* (muscle du front) et le muscle *flexor carpi radialis* (muscle de l'avant-bras). Ainsi si l'hypothèse de la *Simulation Motrice* est correcte, les ruminations devraient être associées à une activité musculaire des lèvres et du front plus importante que l'état de repos. Si l'hypothèse de l'*Abstraction* est correcte, alors seule l'activité du muscle du front devrait augmenter lors des ruminations.

La deuxième partie visait à examiner l'effet de la réduction de l'activité motrice orofaciale par relaxation sur les ruminations. Trois types de relaxation ont été évalués : la relaxation orofaciale, centrée sur les muscles du visage et en particulier des lèvres et du front, la relaxation brachiale, centrée sur les muscles des bras et la relaxation par l'écoute d'une histoire distrayante. Ainsi, si l'hypothèse de la *Simulation Motrice* est correcte, relaxer les muscles impliqués dans la production de parole devrait diminuer l'intensité des ruminations de façon plus importante que la relaxation brachiale ou l'écoute d'une histoire. Si l'hypothèse de l'*Abstraction* est correcte, alors les deux relaxations orofaciale et brachiale devraient détendre les participants et diminuer les ruminations. L'écoute d'une histoire devrait également contribuer à diminuer les ruminations, mais de façon moindre.

PREMIER TEST :

MESURE DE L'ACTIVITE OROFACIALE PENDANT LES RUMINATIONS MENTALES

Le premier test visait à examiner l'activité des muscles orofaciaux pendant les ruminations mentales. Pour ce faire, nous avons provoqué des ruminations chez des participants sains, en utilisant une technique classique d'induction. Il a été choisi de ne sélectionner que des femmes, des études antérieures ayant montré que celles-ci sont plus susceptibles de ruminer que les hommes (Nolen-Hoeksema, 1987, 1991). Soixante-douze étudiantes ont été sélectionnées au sein de l'Université Grenoble Alpes. Elles étaient de langue maternelle française, d'âge moyen 20,58 ans (écart-type : 4,99) et ont rapporté ne pas présenter de troubles neurologique, neuromusculaire, cardiaque ou psychiatrique. L'absence de symptômes dépressifs a été vérifiée en utilisant la version française de l'échelle de dépression *Center for Epidemiologic Studies Depression scale* (CES-D ; Fuhrer & Rouillon, 1989) qui permet d'évaluer le niveau de symptômes dépressifs dans la population générale. Le but de l'expérience n'était pas connu des participantes. Elles étaient recrutées sous le prétexte de contribuer au développement d'un nouveau test de quotient intellectuel (QI) plus sensible aux traits de personnalité et à l'humeur. Toutes les participantes ont donné par écrit leur consentement pour participer à l'étude, cette dernière ayant été validée au préalable par le comité éthique local (CERNI, N° 2015-03-03-61).

Pour mesurer l'activité des muscles orofaciaux, nous avons utilisé des capteurs EMG de surface bipolaires, placés sur le visage et le bras des participantes. Ces capteurs étaient positionnés au-dessus de la lèvre supérieure pour recueillir l'activité du muscle *orbicularis oris* supérieur (noté *OOS*), en-dessous de la lèvre inférieure pour l'orbiculaire inférieur (*OOI*), sur le front pour le muscle frontalis (*Front*) et à l'intérieur de l'avant-bras non-dominant pour le *flexor carpi radialis* (*Bras*). Ce dernier capteur servait de contrôle pour s'assurer que les signaux recueillis à la surface des muscles étaient spécifiquement associés à une activité de parole ou un activité faciale et non pas à une tension générale de tout le corps.

Avant la procédure d'induction de rumination, des mesures de ligne de base ont été effectuées. Pour s'assurer que toutes les participantes étaient dans un état émotionnel similaire, une séance de relaxation leur a été proposée avant de commencer. Cette séance n'était centrée sur aucun muscle en particulier et visait simplement à détendre les participantes. Le but était simplement de minimiser l'influence de l'état thymique initial, intrinsèque à chaque participante et ainsi, de minimiser la variabilité inter-individuelle. Après cette séance, il était demandé aux

participantes de ne pas bouger ni parler pendant une minute, le temps d'effectuer des mesures EMG au repos. Il leur a été ensuite demandé de décrire leur état initial de rumination en évaluant sur une échelle de 0 à 100 la pertinence de la phrase : « En ce moment je ressasse des choses négatives ».

Ensuite, les participantes étaient invitées à répondre au test de QI. Le test était d'une durée d'environ 15 minutes et comportait des questions de logique, de mathématiques et de raisonnement spatial. La plupart des questions était difficile voire impossible à résoudre dans le temps imparti (30 secondes). Cette tâche est inspirée des tâches de *forced failure* (e.g., LeMoult & Joorman, 2014) utilisant la mise en échec dans le but de mettre les participants dans une humeur légèrement négative, propice à l'induction de ruminations. Les participantes étaient ensuite invitées à réfléchir aux causes et conséquences de leurs sentiments, pendant cinq minutes. Cette méthode est inspirée du paradigme classique d'induction de ruminations proposé par Nolen-Hoeksema et Morrow (1993). Pendant ce laps de temps, de nouvelles mesures EMG étaient réalisées, suivies d'une réponse à l'échelle de rumination décrite ci-dessus.

Les signaux EMG enregistrés chez les 72 participantes ont été filtrés et les artefacts de mouvement éventuels ont été supprimés, en suivant une procédure de pré-traitement décrite dans Rapin *et al.* (2013). Pour chaque signal EMG ainsi pré-traité, nous avons calculé par fenêtres consécutives de 200ms la moyenne sur chaque fenêtre et retenu la valeur moyenne de ces moyennes sur nos sessions d'intérêt. Cela nous a permis d'obtenir un score pour chaque muscle (OOS, OOI, Front, Bras) pour chaque session (Repos, Post-Induction) et pour chaque participante. Après suppression des données bruitées ou présentant des artefacts, il restait des données fiables chez 71 participantes.

L'analyse de l'évolution du score sur l'échelle de rumination montre que la procédure d'induction était satisfaisante puisque le score après induction a augmenté de façon importante et significative par rapport au repos : les participantes ont ainsi rapporté plus de ruminations après l'induction qu'avant.

La comparaison des scores EMG avant et après induction de ruminations montre une augmentation de l'activité des deux muscles faciaux liés à la parole (OOI, OOS) ainsi que du muscle du front, lié aux émotions négatives. L'activité EMG du bras quant à elle est restée constante et n'a pas augmenté après induction.

Ces résultats sont globalement en accord avec l'hypothèse de la *Simulation Motrice*. En effet, tout d'abord, le fait que l'activité du bras soit restée stable après l'induction de rumination suggère que l'augmentation d'activité observée dans les muscles faciaux n'est pas simplement due à une augmentation générale de la tension du corps qui aurait été induite par un état mental négatif. Ensuite, l'augmentation de l'activité EMG labiale, sans augmentation de l'activité EMG du bras, mais bien associée à une augmentation du score subjectif de rumination suggère la présence d'une activité labiale spécifique lors des ruminations mentales. Les muscles des lèvres étant impliqués dans la production de parole à voix haute, cette augmentation de l'activité labiale lors de ruminations suggère que le système moteur de la parole est recruté dans la phase ruminative. Des études antérieures ont montré que le muscle du front est activé lors d'émotions négatives (Jäncke *et al.*, 1996). L'augmentation de l'activité du front enregistrée pendant la phase de rumination s'explique par la valence négative des ruminations induites par notre procédure. Ainsi, ces résultats EMG faciaux semblent bien aller dans le sens de l'hypothèse selon laquelle les ruminations sont un cas de parole intérieure incluant toutes les étapes de la planification de la parole, jusqu'au niveau articulatoire, puisque les muscles labiaux sont eux-mêmes recrutés.

SECOND TEST :

EFFET DE LA RELAXATION OROFACIALE SUR LES RUMINATIONS MENTALES

Le second test visait à examiner l'effet de la réduction de l'activité motrice orofaciale sur les ruminations. Trois types de relaxation ont été évalués : la relaxation orofaciale, centrée sur les muscles du visage et en particulier des lèvres et du front, la relaxation brachiale, centrée sur les muscles des bras et la relaxation par l'écoute d'une histoire distrayante.

Les mêmes participantes que celle du test précédent ont été observées. Après la procédure d'induction de rumination décrite ci-dessus, les participantes étaient réparties aléatoirement dans 3 groupes expérimentaux. Ces trois groupes différaient par le type de relaxation proposé. La séance pouvait ainsi consister en une séance de relaxation spécifique des muscles orofaciaux (Groupe « Relax Orofaciale »), en une relaxation des muscles du bras (Groupe « Relax Bras »), ou en une condition de distraction dans laquelle un conte d'une durée sensiblement égale était diffusé (Groupe « Conte »). Les 3 séances avaient été enregistrées au préalable par une sophrologue et étaient diffusées par haut-parleur. De nouvelles mesures étaient ensuite réalisées

(EMG et échelle de rumination) afin d'évaluer et comparer les effets des différents types de relaxation.

Les données EMG de 71 participantes ont été pré-traitées et analysées de la même façon que pour le premier test, décrit ci-dessus.

L'analyse de l'évolution du score de rumination montre que les trois séances de relaxation sont bénéfiques puisque le score après relaxation diminue de façon importante et significative par rapport à l'état précédent (post-induction) : les participantes ont ainsi rapporté moins de ruminations après la relaxation qu'avant. De façon intéressante, la diminution la plus importante est observée dans le groupe de participantes ayant bénéficié d'une relaxation orofaciale, i.e. centrée sur la détente des muscles du visage.

La comparaison des scores EMG avant et après relaxation montre des résultats différents selon les muscles. Ainsi pour les trois muscles faciaux, on observe de façon générale une diminution de l'activité EMG après relaxation orofaciale, alors que l'activité du bras reste stable. Pour le muscle OOI, l'écoute d'un conte semble également diminuer l'activité EMG. Pour le muscle du front, la diminution de l'activité EMG est la plus importante dans les deux conditions de relaxation orofaciale et brachiale de façon semblable, et cette diminution est moindre pour l'écoute d'un conte. Le fait que l'activité du bras reste constante quelle que soit la condition de relaxation s'explique en rappelant que cette activité après induction (avant relaxation) était la même que celle au repos (cf. les résultats du premier test, présentés ci-dessus). L'activité du bras est donc restée stable tout au long de cette expérience en deux parties et ne semble pas jouer de rôle dans la production de rumination mentale.

La première interprétation de ces résultats est que la production verbale générée par l'induction de rumination a été plus atténuée chez le groupe de participantes ayant ensuite bénéficié de la relaxation orofaciale que chez les autres groupes, puisque les scores de rumination ont le plus diminué chez ce premier groupe. La diminution plus importante de l'activité des muscles labiaux OOS et OOI dans ce groupe reflèterait cette réduction de production verbale et serait donc en accord avec l'hypothèse de la *Simulation Motrice*. Le fait que l'activité du front diminue de façon similaire dans les deux types de relaxation orofaciale et brachiale suggère que la détente musculaire quelle qu'elle soit (centrée sur le visage ou non) permettrait de réduire les affects négatifs et pourrait ainsi diminuer la contraction musculaire du front.

Une deuxième interprétation est que la diminution plus importante d'activité labiale après la relaxation orofaciale s'explique de façon triviale par le fait qu'une relaxation centrée sur le visage devrait être plus efficace pour réduire la contraction musculaire labiale qu'une relaxation non-orofaciale. Ainsi, les effets différentiels des deux types de relaxation orofaciale et brachiale sur les muscles des lèvres ne seraient pas dus à une plus forte diminution des ruminations verbales dans le cas de la relaxation orofaciale, mais seraient simplement dus à une différence de cible anatomique de chacun des types de relaxation. Cependant, le fait que cette diminution plus importante de l'activité musculaire labiale lors de la relaxation orofaciale soit accompagnée d'une diminution de la production de rumination mentale suggère que la réduction d'activité labiale est bien liée à la réduction des ruminations. De plus, si l'anatomie expliquait seule ces résultats, la diminution comparable de l'activité du muscle du front dans les deux types de relaxation orofaciale et brachiale serait problématique. En effet, si la réduction de l'activité musculaire était simplement liée à la relaxation des muscles faciaux, alors la diminution de l'activité du muscle du front devrait elle aussi être plus importante dans la condition de relaxation orofaciale que dans les autres conditions de relaxation, ce qui n'est pas le cas.

Nous suggérons donc que la première interprétation est la plus plausible. Ces résultats semblent donc s'interpréter comme une diminution des activités des muscles labiaux OOS et OOI induite par la relaxation orofaciale et associée à une diminution des ruminations mentales. Le fait que la simple écoute d'un conte ait contribué à diminuer les activités des muscles OOI et Front (de façon moindre que la relaxation orofaciale cependant) mérite une explication. L'écoute d'un conte pourrait en effet avoir réduit les ruminations en déplaçant le focus attentionnel des participantes : alors que notre procédure d'induction de rumination les incitait à porter leur attention sur leurs problèmes, l'écoute d'un conte distrayant permet de centrer l'attention sur l'histoire et de sortir du processus ruminatif. Ceci suggère que des séances de relaxation corporelle pourraient contribuer à réduire les ruminations en recentrant l'attention sur le corps plutôt que sur les problèmes sources des ruminations.

DISCUSSION GENERALE

Le but de l'étude rapportée brièvement ici était d'examiner si les ruminations requièrent une simulation motrice, impliquant les muscles de la parole et sont ainsi une forme incarnée de parole intérieure ou si elles sont de nature abstraite, impliquant des représentations linguistiques

appauvries sur le plan articulatoire. Nous avons enregistré des données EMG labiales, faciales et brachiales pour évaluer les corrélats articulatoires potentiels des ruminations. Nos résultats semblent dans l'ensemble en faveur d'une nature incarnée et motrice des ruminations mentales.

Dans le premier test, notre procédure d'induction de rumination a en effet augmenté les scores de rumination, ce qui confirme que les participantes étaient alors dans un état ruminatif négatif. Cet état était accompagné d'une augmentation de l'activité des deux muscles impliqués dans la parole (OOS et OOI) sans modification de l'activité du muscle du bras. Ceci semble bien indiquer que la rumination est associée à une activité spécifique des muscles articulatoires de la parole. L'augmentation concurrente de l'activité du muscle du front peut s'expliquer par une augmentation des émotions négatives, induite par notre procédure d'induction à valence négative. Les résultats du premier test semblent donc bien montrer une implication des muscles de la parole lors des ruminations mentales et semblent corroborer l'hypothèse de la *Simulation Motrice*, selon laquelle la parole intérieure est intégralement spécifiée, depuis le niveau conceptuel jusqu'au niveau articulatoire.

Dans le second test, les séances de relaxation musculaire suggestive ont conduit à une diminution de l'activité des muscles de parole, la diminution étant plus forte après la relaxation orofaciale qu'après la relaxation brachiale. Pour le muscle du front, l'effet a été le même pour les deux types de relaxation musculaire (orofaciale et brachiale). Cette plus forte diminution de l'activité des muscles de la parole lors de la relaxation orofaciale a été associée à une plus forte diminution des scores de rumination auto-rapportée. Ces observations suggèrent qu'une réduction de l'activité des muscles de la parole pourrait entraver la simulation articulatoire et ainsi limiter la production de parole intérieure, entraînant une réduction des ruminations. Cette interprétation est cohérente avec l'hypothèse de la *Simulation Motrice*.

Les scores de rumination ont aussi diminué après la relaxation brachiale et l'écoute d'un conte, bien que de façon moins importante qu'après la relaxation orofaciale. Ceci suggère qu'une relaxation généralisée ou une distraction peuvent également diminuer les ruminations négatives.

En résumé, nos deux tests semblent bien corroborer l'hypothèse de la *Simulation Motrice*, selon laquelle l'activité des muscles de la parole est inhérente à la production de parole intérieure. Le premier test a montré l'implication de la musculature labiale durant les ruminations négatives. Le deuxième test suggère que le type de rumination induit par notre paradigme

requiert l'activité des muscles de la parole et qu'il peut donc être réduit en bloquant ou en relaxant spécifiquement les muscles de la parole, tels que les muscles des lèvres.

Ces résultats doivent cependant être considérés en ayant en tête les limites de cette étude. Tout d'abord, la population étudiée n'était constituée que de femmes dans l'optique d'optimiser la procédure d'induction de rumination. Il se peut donc que nos observations ne soient pas applicables à une population masculine. Deuxièmement, dans le premier test, nous n'avons pas comparé nos résultats à ceux d'une population contrôle qui n'aurait pas subi l'induction de rumination. Il se peut donc que les résultats observés ne soient pas liés au phénomène de rumination mentale mais à d'autres processus cognitifs ou émotionnels qui auraient été induits par ce paradigme. Troisièmement, des différences inter-individuelles notables ont été observées sur l'effet de l'induction de rumination sur l'activité EMG faciale, certaines participantes montrant peu d'augmentation du signal EMG entre l'état de repos initial et les ruminations. Ces différences de variation d'activité EMG peuvent s'expliquer par de plus ou moins grande tendance à montrer ou cacher ses émotions à l'expérimentateur. De semblables différences ont été observées dans l'étude de Jäncke *et al.* (1996). Enfin, bien que les ruminations se manifestent le plus souvent sous modalité verbale, elles peuvent parfois prendre la forme d'images visuelles. Nous ne pouvons exclure que certaines de nos participantes aient ruminé dans une modalité non verbale, ce qui expliquerait leur activité labiale plus faible que la moyenne. Nous envisageons donc par la suite de mieux décrire les modalités de rumination chez nos participants et de vérifier que nos résultats s'appliquent bien au cas des ruminations mentales verbales.

En conclusion, cette étude fournit de nouvelles données soutenant que le phénomène de rumination mentale, considéré comme un cas particulier de parole intérieure, est un processus incarné, requérant une simulation mentale des actions de parole. Même s'il est nécessaire de recueillir plus de données pour confirmer ces résultats préliminaires, nos observations semblent bien soutenir l'hypothèse de la *Simulation Motrice*, selon laquelle la parole intérieure correspond à de la parole à voix haute simulée articulatoirement et inhibée avant l'exécution motrice.

REMERCIEMENTS

Cette étude est financée par le projet ANR INNERSPEECH ANR-13-BSH2-0003-01 (<http://lpnc.univ-grenoble-alpes.fr/InnerSpeech>). Le deuxième auteur est titulaire d'une allocation de recherche doctorale de l'Université Grenoble Alpes et a bénéficié d'une bourse du

Pôle Grenoble Cognition. Nous remercions Ernst Koster, Mircea Polosan, Lucile Rapin et Elsa Spinelli pour leurs conseils et leurs remarques constructives. Nous remercions Nathalie Vallet pour l'enregistrement des séances de relaxation. Nous remercions Marion Dohen et Maëva Garnier pour leur aide lors de l'enregistrement des stimuli audio dans la chambre sourde de GIPSA-lab, ainsi que Christophe Savariaux et Coriandre Vilain pour leurs conseils dans la synchronisation des données audio et EMG. Nous remercions également Marc Chanove et les membres de la MSH-Alpes de nous avoir permis d'utiliser la plateforme expérimentale Screen.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baars, B. J.; Motley, M. T. & MacKay, D. G. (1975). Output editing for lexical status in artificially elicited slips of the tongue. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 14, 382-391.
- Baciu, M. V., Rubin, C., Decorps, M. A., & Segebarth, C. M. (1999). fMRI assessment of hemispheric language dominance using a simple inner speech paradigm. *NMR in Biomedicine*, 12, 293–298.
- Baddeley, A., & Wilson, B. (1985). Phonological coding and short-term memory in patients without speech. *Journal of Memory and Language*; 24(4), 490–502.
- Basho, S., Palmer, E. D., Rubio, M. A., Wulfeck, B., & Müller, R. A. (2007). Effects of generation mode in fMRI adaptations of semantic fluency: paced production and overt speech. *Neuropsychologia*, 45(8), 1697-1706.
- Baeyens, C., Kornacka, M., Douilliez, C. (2012). De la dépression à une perspective transdiagnostique: Conceptualisation et interventions sur les ruminations mentales. *Revue francophone de clinique comportementale et cognitive*, 17, 66-85.
- Bergounioux, G. (2001). Endophasie et linguistique [Décomptes, quotes et squelette]. *Langue française*, N°132, *La parole intérieure*, sous la direction de Gabriel Bergounioux, 106-124.
- Bookheimer, S. Y., Zeffiro, T. A., Blaxton, T., Gaillard, W., & Theodore, W. H. (1995). Regional cerebral blood flow during object naming and word reading. *Human Brain Mapping*, 3, 93–106.
- Bottineau, D. (2014). Explorer l'iconicité des signifiants lexicaux et grammaticaux en langue française dans une perspective contrastive (anglais, arabe). *Le français moderne*, 82/2, *Formes de l'iconicité en langue française. Vers une linguistique analogique (Tome 2)*, Nobile, L. (Ed.), 243-270.
- Chomsky, N. (1965), *Aspects of the Theory of Syntax*, Cambridge, Mass.: The MIT Press
- Chomsky N. (1957). *Syntactic Structures*. Mouton.
- Clark, A. (2006). Language, embodiment, and the cognitive niche. *Trends in cognitive sciences*, 10, 370-374.
- Conrad, B., & Schönle, P. (1979). Speech and respiration. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, 226, 251–68.
- Corley, M., Brocklehurst, P. H., & Moat, H. S. (2011). Error biases in inner and overt speech: Evidence from tongue twisters. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37, 162–175.
- Davis, R. N., & Nolen-Hoeksema, S. (2000). Cognitive inflexibility among ruminators and nonruminators. *Cognitive Therapy and Research*, 24, 699-711.

- Decety, J., & Jeannerod, M. (1996). Mentally simulated movements in virtual reality: does Fitt's law hold in motor imagery? *Behavioral Brain Research*, 72, 127-134.
- Dell, G. S. (1986). A spreading-activation theory of retrieval in sentence production. *Psychological Review*, 93(3), 283-321.
- Dell, G. S., & Repka, R. J. (1992). *Errors in inner speech*. In *Experimental Slips and Human Error* (pp. 237-262). Springer US.
- Dostoïevski, F. (1866-1996). *Crime et Châtiment*. Traduction française de A. Markowicz, Ed. Actes Sud-Babel.
- Dronkers, N. F. (1996). A new brain region for coordinating speech articulation. *Nature*, 384(6605), 159-161.
- Egger, V. (1881). *La Parole intérieure. Essai de psychologie descriptive*. (G. Baillière, Ed.). Paris.
- Feinberg, I. (1978). Efference copy and corollary discharge: Implications for thinking and its disorders. *Schizophrenia Bulletin*, 4, 636-640.
- Fodor, J. A. (1875). *The language of thought*. Harvard University Press.
- Fuhrer, R., & Rouillon, F. (1989). La version française de l'échelle CES-D (Center for Epidemiologic Studies-Depression Scale). Description et traduction de l'échelle d'auto-évaluation. *European-Psychiatry*, 4(3), 163-166.
- Geva, S., Jones, P. S., Crinion, J. T., Price, C. J., Baron, J.-C., & Warburton, E. A. (2011). The neural correlates of inner speech defined by voxel-based lesion-symptom mapping. *Brain: A Journal of Neurology*, 134, 3071-3082.
- Grèzes, J., & Decety, J. (2001). Functional anatomy of execution, mental simulation, observation, and verb generation of actions: A meta-analysis. *Human Brain Mapping*, 12, 1-19.
- Huang, J., Carr, T. H., & Cao, Y. (2002). Comparing cortical activations for silent and overt speech using event-related fMRI. *Human Brain Mapping*, 15, 39-53.
- Jacobson, E. (1931). Electrical measurements of neuromuscular states during mental activities. V. Variation of specific muscles contracting during imagination. *American Journal of Physiology*, 96, 115-121.
- Jäncke, L., Vogt, J., Musial, F., Lutz, K., & Kalveram, K. T. (1996). Facial EMG responses to Auditory Stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 22, 85-96.
- Johnson, M. & Lakoff, G. (2002). Why cognitive linguistics requires embodied realism. *Cognitive Linguistics*, 13, 245-264.
- Jones, S. R., & Fernyhough, C. (2007). Thought as action: Inner speech, self-monitoring, and auditory verbal hallucinations. *Consciousness and Cognition*, 16, 391-399.
- LeMoult, J., & Joormann, J. (2014). Depressive rumination alters cortisol decline in Major Depressive Disorder. *Biological Psychology*, 100, 50-55.
- Levine, D. N., Calvanio, R., & Popovics, A. (1982). Language in the absence of inner speech. *Neuropsychologia*, 20(4), 391-409.
- Livesay, J., Liebke, A., Samaras, M., & Stanley, A. (1996). Covert speech behavior during a silent language recitation task. *Perception and Motor Skills*, 83, 1355-1362.
- MacKay, D. G. (1992). *Constraints of theories of inner speech*. In D. Reisberg (Ed.), *Auditory imagery* (pp. 121-142). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Martin, L. L. & Tesser, A. (1996). Some ruminative thoughts. *Advances in Social Cognition*, 9, 1-47.
- Martin, S., Brunner, P., Holdgraf, C., Heinze, H.-J., Crone, N. E., Rieger, J., Schalk, G., Knight, R. T. & Pasley, B. N. (2014). Decoding spectrotemporal features of overt and covert speech from the human cortex. *Frontiers in Neuroengineering*, 7, 1-15.

- McGuigan, F. J., & Dollins, A. B. (1989). Patterns of covert speech behavior and phonetic coding. *Pavlovian Journal of Biological Science*, 24, 19–26.
- McGuire, P., Silbersweig, D., Murray, R., David, A., Frackowiak, R., & Frith, C. (1996). Functional anatomy of inner speech and auditory verbal imagery. *Psychological Medicine*, 26, 29–38.
- Merleau-Ponty, M. (1945). *Phénoménologie de la Perception*. Gallimard.
- Nalborczyk, L., Perrone-Bertolotti, M., Baeyens, C., Grandchamp, R., Polosan, M., Spinelli E., Koster E. & Loevenbruck, H. (2017). Orofacial electromyographic correlates of induced verbal rumination. *Biological Psychology*, 127, 53-63.
- Netsell, R., Ashley, E., & Bakker, K. (2010). The inner speech of persons who stutter. In: *Proceedings of the international motor speech conference*.
- Nolen-Hoeksema, S. (1987). Sex differences in unipolar depression: Evidence and theory. *Psychological Bulletin*, 101, 259–282.
- Nolen-Hoeksema, S. (1991). Responses to depression and their effects on the duration of depressive episodes. *Journal of Abnormal Psychology*, 100(4), 569–582.
- Nolen-Hoeksema, S., & Morrow, J. (1991). A prospective study of depression and posttraumatic stress symptoms after a natural disaster: the 1989 Loma Prieta Earthquake. *Journal of Personality and Social Psychology*, 61, 115–121.
- Oppenheim, G. M., & Dell, G. S. (2008). Inner speech slips exhibit lexical bias, but not the phonemic similarity effect. *Cognition*, 106, 528-537.
- Oppenheim, G. M., & Dell, G. S. (2010). Motor movement matters: the flexible abstractness of inner speech. *Memory & Cognition*, 38(8), 1147–1160.
- Owen, W. J., Borowsky, R., & Sarty, G. E. (2004). fMRI of two measures of phonological processing in visual word recognition: ecological validity matters. *Brain and Language*, 90(1), 40–46.
- Palmer, E. D., Rosen, H. J., Ojemann, J. G., Buckner, R. L., Kelley, W. M., & Petersen, S. E. (2001). An event-related fMRI study of overt and covert word stem completion. *Neuroimage*, 14(1), 182-193.
- Partovi, S., Konrad, F., Karimi, S., Rengier, F., Lyo, J. K., Zipp, L., ... & Stippich, C. (2012). Effects of covert and overt paradigms in clinical language fMRI. *Academic Radiology*, 19(5), 518-525.
- Shergill, S. S., Bullmore, E. T., Brammer, M. J., Williams, S. C., Murray, R. M., & McGuire, P. K. (2001). A functional study of auditory verbal imagery. *Psychological Medicine*, 31, 241-253.
- Shuster, L. I., & Lemieux, S. K. (2005). An fMRI investigation of covertly and overtly produced mono- and multisyllabic words. *Brain and Language*, 93, 20-31.
- Perrone-Bertolotti, M., Rapin, L., Lachaux, J. P., Baciú, M., & Lœvenbruck, H. (2014). What is that little voice inside my head? Inner speech phenomenology, its role in cognitive performance, and its relation to self-monitoring. *Behavioural Brain Research*, 261, 220–39.
- Pinker, S. (1989). *Learnability and Cognition*, Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Postma, A., & Noordanus, C. (1996). The production and detection of speech errors in silent, mouthed, noise- masked, and normal auditory feedback speech. *Language and Speech*, 39, 375-392.
- Rapin, L., Dohen, M., Polosan, M., Perrier, P., & Lœvenbruck, H. (2013). An EMG study of the lip muscles during covert auditory verbal hallucinations in schizophrenia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 56(6), S1882–93.
- Rood, L., Roelofs, J., Bögels, S. M., & Arntz, A. (2012). The effects of experimentally induced rumination, positive reappraisal, acceptance, and distancing when thinking about a stressful event on affect states in adolescents. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 40(1), 73-84.

- Shimizu, A., & Inoue, T. (1986). Dreamed speech and speech muscle activity. *Psychophysiology*, 23(2), 210-214.
- Smadja, S. (à paraître). *La Recherche en littérature : approches stylistiques du monologue intérieur*. Paris: Hermann.
- Smith, Scott; Brown, Hugh; Toman, James; Googman, L. (1947). The Lack of Cerebral Effects of d-Tubocurarine. *Anesthesiology*, 8(1), 1-14.
- Sokolov, A. N., Onischenko, G. T., & Lindsley, D. B. (1972). *Inner speech and thought*. (Plenum Press, Ed.). New York: Plenum Press.
- Stricker, S. (1885). *Du langage et de la musique*. (Traduit de l'allemand par Frédéric Schwiedland, Ed.). Paris: Alcan.
- Vallar, G., & Cappa, S. F. (1987). Articulation and verbal short-term memory: Evidence from anarthria. *Cognitive Neuropsychology*, 4(1), 55-77.
- Vygotski L. S. (1934/1985). *Pensée et langage*. (Traduction de Françoise Sève, avant-propos de Lucien Sève, Collection « Terrains», Éditions Sociales, Paris, 1985).
- Watson, J. B. (1919). *Psychology from the standpoint of a behaviorist*. (J. B. Lippincott, Ed.). Philadelphia.
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 625-636.