



ISSN: ONLINE 1850-1826 - PRINT 0328-0446

*Electroneurobiología* vol. 14 (4), pp. 147-173, 2006

# Neurofisiología del bostezo, revisada a través de su ontogenia y de la filogenia

por

**Olivier Walusinski**

MD, F.28160 Brou, France

Contacto / correspondence: [Walusinski\[at\]yawning.info](mailto:Walusinski[at]yawning.info)

*Electroneurobiología* 2006; **14** (4), pp. 147-173; URL  
<http://electroneubio.secyt.gov.ar/index2.htm>

Copyright © *Electroneurobiología*, August 2006. Este trabajo es un artículo de acceso público; su copia exacta y redistribución por cualquier medio están permitidas bajo la condición de conservar esta noticia y la referencia completa a su publicación incluyendo la URL (ver arriba). / This is an Open Access article: verbatim copying and redistribution of this article are permitted in all media for any purpose, provided this notice is preserved along with the article's full citation and URL (above).

Received: August 17, 2006 – Accepted: August 30, 2006

**Sumario:** Nos proponemos señalar cómo las pandiculaciones – combinaciones de bostezar y estirarse que permanecen morfológicamente idénticas en todas las clases de vertebrados – se asocian con estados de transición entre las fases de ritmos biológicos, tanto infradianos y circadianos cuanto ultradianos. Los comportamientos de bostezo solo y de pandiculación han recibido poca atención, aunque testimonian procesos homeostáticos adaptativos que son indispensables para la vida. Se trata de kinesiias o composiciones unitarias de actividad neuromuscular; esto implica, en cuanto a su puesto en la serie de adquisiciones neurobiológicas mayores, que siguen a la integración de ciclos bioquímicos en ritmos biológicos y preceden a la adquisición de praxias, gnosias y simbolias. Habiendo así surgido presumiblemente en antepasados comunes a todos los vertebrados y presentes ya en los vertebrados filogenéticamente más antiguos, en todas las clases de vertebrados las pandiculaciones generalizadas y coordinadas se ejecutan de modo morfológicamente similar, en ocasión de transiciones comportamentales que de manera recurrente y cíclica tienen lugar en el curso de los tres tipos de ritmos biológicos que sostienen el estilo de vida del tipo vertebrado: a saber, la alternancia vigilia-sueño, la regulación de la saciedad y las regularidades reproductivas. Esta kinesiia, la pandiculación, responde a una estimulación interna, que no exterioriza razón visible pero es necesaria para los procesos de la homeostasis en esas tres áreas de comportamiento. En el presente trabajo, tras haber explicitado los mecanismos neurobiológicos activados y los circuitos neuronales que los sostienen, se propone interpretar bostezos y pandiculaciones como participantes de la interoception, o *introyente* de Chr. Jakob, por sus capacidades de estimular la vigilia así como la saliencia, noergia o nivel de percepción consciente del esquema corporal. Los humanos, y al menos algunos antropoides probablemente, compartimos una aptitud particular, la de ser receptivos a la contagiosidad del bostezo. Con ello el bostezo humano juega un rol en la vida social, por su poder de sincronizar los niveles de vigilia entre varios individuos. Su ecoquinesia o contagio refleja nuestra capacidad de ser influenciados por el comportamiento de otro de manera automática e involuntaria. Se propone aquí que la eco-

quinesia del bostezo es una forma de empatía kinésica, por lo tanto instintiva e involuntaria, que pone en juego estructuras neurofuncionales corticales compartidas.

**Résumé:** Nous nous proposons de montrer comment les bâillements et les pandiculations, en restant morphologiquement identiques, apparaissent associés à chaque état de transition des rythmes biologiques, qu'ils soient infradiens, circadiens ou ultradiens. Les comportements de bâiller et s'étirer, dont l'association se nomme une pandiculation, ont reçu peu d'attention, alors qu'ils témoignent des processus adaptatifs d'homéostasie fondamentaux pour la vie. Leur apparition précoce participe d'une part à la neurogenèse fœtale, activité dépendante, et témoigne d'autre part de la mise en jeu de l'activité fonctionnelle neurobiologique. Qualifiables de kinésie, bâillements et pandiculations précèdent l'acquisition des praxies, gnosies et symbolies. Présents déjà chez les vertébrés phylogénétiquement les plus anciens, ils semblent avoir évolué probablement peu depuis l'ancêtre commun à tous les vertébrés, confirmant ainsi leur importance évolutive et neurobiologique. Les pandiculations se déroulent de façon morphologiquement semblable, chez tous les vertébrés, lors des transitions comportementales survenant de façons récurrentes et cycliques au cours des trois types de rythmes biologiques de la vie: l'alternance veille-sommeil, les prises alimentaires et les rythmes propres à la reproduction des espèces. Cette kinésie, la pandiculation, répond à une stimulation interne, sans raison extériorisée appréhendable, mais nécessaire aux processus d'homéostasie de ces trois comportements. Dans ce travail, après avoir explicité les mécanismes neurobiologiques activés et les circuits neuronaux qui les sous-tendent, il est proposé d'interpréter bâillements et pandiculations comme participant de l'intéroception (*l'introyente* de Chr. Jakob) par leurs capacités à stimuler l'éveil et la salience, noergie ou degré de perception consciente du schéma corporel. Les Hominidés et quelques singes ont une aptitude particulière, celle d'être réceptifs à la contagiosité du bâillement. Il est émis l'hypothèse qu'ainsi, le bâillement joue un rôle dans la vie sociale par sa capacité à synchroniser les niveaux d'éveil entre individus. Cette échokinésie ou contagion reflète notre faculté à être influencés par le com-

portement d'autrui de façon automatique et involontaire. Il est proposé que l'échokinésie du bâillement est une forme d'empathie kinésique, donc instinctive et involontaire, mettant en jeu des structures neurofonctionnelles sous-corticales et corticales activées tant dans le vécu émotionnel que dans la simulation mentale des émotions.

**Abstract:** The present report aims to show how pandiculation, a combination of stretching and yawning that remains morphologically identical across the whole range of vertebrates, occurs associated with the transitional states between the phases of biological rhythms – whether infradian, circadian or ultradian. Yawning and pandiculations are neglected features among the categories of maintenance behavior. They are kinesies; it means that, as regards their place in the series of major neurobiological developments, they follow the integration of biochemical cycles into biological rhythms but precede the acquisition of praxias, gnosias and symbolias. Thus systematic and coordinated pandiculations, having seemingly arisen in common ancestors of all vertebrates, occur in all vertebrate classes during the transitional behaviors intervening between the phases of the different periodical rhythms which support the vertebrate life-style (namely, sleep-arousal alternation, feeding, and reproductive regular changes) in a compound pattern of almost identical general form. This kinesis appears as one undirected response to an inner stimulation, underlying the homeostasis of these three behaviors. After discussing the specific regulatory strategies and neural networks involved, it is proposed that yawning belongs with interoceptiveness (Jakob's *introyente*) by its capacity to increase arousal as well as the salience, noergy or level of self-awareness regarding the bodily schema. Apes (probably) and humans have the unique capacity of being receptive to the contagiousness of yawning. Thus human yawning appears to trigger a sort of social coordination function (arousal synchrony) and reflects the capacity to become automatically or mindlessly influenced by the behaviour of others. Such a kinesical empathy supports the hypothesis that contagious yawning involves shared neural networks.



« The muscular fibres themselves constitute the organ of sense, that feels extension... hence the whole muscular system may be considered as one organ of sense, and the various attitudes of the body, as ideas belonging to this organ, of many of which we have hourly conscious, while many others, like the irritative ideas of the other senses, are performed without our attention.»

Erasmus Darwin, *Zoonomia* (1801).

Les organismes vivants, en particulier les vertébrés, exhibent des comportements variés, essentiels à leur survie, caractérisés par leur récurrence cyclique. Il en va ainsi pour les trois comportements fondamentaux de la vie des vertébrés et de sa transmission: la vigilance (être apte à survivre face aux prédateurs alors que le sommeil est indispensable à l'homéostasie, l'alimentation (capter de l'énergie), la reproduction (transmettre la vie). Cette rythmicité répond aux critères définis par Bejan et Marden (2006) dans leur récente "théorie constructale" des périodicités naturelles et notamment biologiques. Nous nous proposons de montrer comment les bâillements et les pandiculations, en restant morphologiquement identiques, apparaissent associés à chaque état transitionnel des rythmes infradiens, circadiens et ultradiens qui caractérisent ces comportements.

### **Que sont des bâillements et des pandiculations ?**

L'éthologie agrée l'idée que la plupart des vertébrés bâillent qu'ils soient poïkilothermes ou homéothermes, des mondes sous-marins, terrestres ou aériens, herbivores, fructivores, insectivores ou carnivores. L'existence de bâillements chez les reptiles et même chez les poissons confirme l'origine phylogénétiquement ancienne de ce comportement. Sa survivance, sans variation évolutive, indique son importance d'un point de vue fonctionnel. Mais, à quoi sert-elle cette kinésie?

Une pandiculation est un bâillement se déroulant simultanément à une contraction massive des muscles antigravifiques (André-Thomas, 1949), c'est à dire chez les tétrapodes une extension maximum des quatre membres et du rachis, portant en arrière la tête.

Pendant le bâillement, le muscle qui chez l'homme est le plus grand de l'organisme, le diaphragme, se contracte massivement provoquant une ample inspiration par des voies aériennes supérieures ouvertes à l'extrême ainsi que la bouche. J. Barbizet (1958) a montré que le diamètre du pharyngo-larynx est multiplié par quatre par rapport à la position de repos. La contraction simultanée des muscles ouvrant la bouche (mylo-hyoïdiens et digastriques) et de ceux assurant sa fermeture (ptérygoïdiens, masséters, temporaux), explique les contraintes importantes subies alors par les articulations temporo-mandibulaires (Forte, 1982).

Les mouvements de la tête font partie intégrante du cycle ouverture/fermeture de la bouche nécessaire à la mastication, à l'élocution, au chant, mais aussi au bâillement (Abrahams, 1988, 1993). D'un point de vue phylogénique, chez toutes les espèces, ce couplage fonctionnel a une valeur adaptative, sélectionnée, car elle assure une meilleure capacité à saisir des proies mais aussi à se défendre et à combattre. Les afférences sensorimotrices oro-faciales (trijumeau) sont nécessaires au contrôle de la motricité cervico-céphalique, c'est à dire que l'activité fonctionnelle mandibulaire est une association de mouvements synchronisés de la nuque et de la mâchoire dans lesquels interviennent les articulations temporo-maxillaires, le rachis cervical et sa musculature (Zafar, 2000). L'action des muscles masséters et cervicaux est synchronisée par une commande motrice commune automatique générée par le tronc cérébral ("central pattern generating circuits" : Marder, 2005), où siègent les noyaux mo-

teurs des paires crâniennes V, VII, IX, X, XI, XII. Toutes ces structures motrices sont activées pendant les bâillements. T. Humphrey (1968) a parlé d'un réflexe trigémino-nuqual.

Quantifier et analyser les bâillements de toute la diversité du monde animal reste à faire. Néanmoins, chez l'homme, à partir du concept d'un lien entre activité motrice cervicale et mandibulaire, un appareillage a été développé pour assurer le dépistage ambulatoire du syndrome des apnées du sommeil (*Somnolter*®). En effet, la fin d'une apnée obstructive ou centrale est suivie d'un micro-éveil, d'un mouvement d'ouverture de bouche d'inspiration, mettant fin à un arrêt ventilatoire avec éventuelle désaturation artérielle en O<sub>2</sub>. Le *Somnolter* permet ainsi l'estimation de la distance intermaxillaire et, en corollaire, permet d'enregistrer les bâillements. Il est noté que l'amplitude d'ouverture de la bouche, lors d'un bâillement spontané, est plus importante que l'ouverture volontaire maximale de la bouche lors du calibrage de l'appareil et que l'occlusion qui suit la fin du bâillement apparaît également plus accentuée que l'occlusion volontaire. C'est la première méthode permettant de compter, de façon objective, le nombre de bâillements, et il pourrait, peut-être, être adapté à certains autres mammifères.

L'ensemble des données présentées autorise à décrire le bâillement des mammifères comme une pandiculation partielle, c'est à dire une contraction massive du diaphragme, des muscles de la face et de la nuque, sans contraction des extenseurs des membres et du rachis dorso-lombaire. V. Dumpert et E. Claparède avaient déjà proposé, en 1921, cette interprétation qui permet d'apporter une explication neurophysiologique à ce comportement.

## **Neurophysiologie des bâillements et pandiculations**

Les transitions comportementales des animaux ne résultent pas d'une adaptation passive aux conditions de l'environnement mais obéissent à des stimuli internes caractérisant les adaptations homéostatiques générées, en particulier, par l'hypothalamus (noyaux suprachiasmatiques, noyaux paraventriculaires). Ces horloges biologiques internes coordonnent une adéquation précise entre besoins métaboliques (satiété), survie de l'espèce (accouplement) et conditions d'environnement (adaptation tonique à la pesanteur et motricité). On observe que les bâillements et les pandiculations sont associés aux transitions entre des états d'éveil et de sommeil, lors de l'installation de la faim ou de la satiété, lors de l'installation ou de la disparition d'états émotionnels secondaires à une vie en groupes sociaux hiérarchisés (Walusinski, 2004).

C. Sherrington (1905) a énoncé le paradigme que seule l'activité motrice extériorise l'activité du système nerveux, ce qui est exacte pour les kinésies. Bâillements et pandiculations extériorisent l'activité des centres moteurs du tronc cérébral (V, VII, IX, X, XI, XII) et de la moelle, sous la commande du noyau paraventriculaire de l'hypothalamus (PVN). Le PVN est un centre d'intégration entre les systèmes autonomes central et périphérique. Il intervient, notamment, dans la balance métabolique (osmolarité, énergie), la pression artérielle et la fréquence cardiaque, la sexualité. Bâillements et pandiculations peuvent être déclenchés par des injections (apomorphine, hypocrétines, etc) ou disparaître après électrolyse dans la zone parvo-cellulaire du PVN (Sato-Suzuki, 1998). Un groupe de neurones ocytocinergiques, situés dans cette zone du PVN, projetant vers l'hippocampe, le tronc cérébral (locus coeruleus) et la moelle, contrôlent les bâillements et l'érection. La stimulation de ces neurones par la dopamine ou ses agonistes, des acides aminés



excitateurs (NMDA), l'ocytocine elle-même, déclenche des bâillements alors que le GABA ou les opioïdes inhibent bâillements et érections. L'activité de ces neurones dépend d'une enzyme, la "nitric oxyde synthetase", qui fabrique l'oxyde nitrique à l'origine de la libération de l'ocytocine par un mécanisme actuellement non élucidé.

Par opposition à l'éveil, le sommeil est un état comportemental caractérisé par un désengagement sensoriel avec l'environnement et les perceptions internes (intéroception). Des cycles successifs de 60 à 90 minutes se renouvellent au cours d'une nuit de sommeil, avec succession de sommeil lent profond (prédominant en début de nuit) et de sommeil paradoxal (prédominant en fin de nuit). Celui-ci est caractérisé par une activité corticale comparable à l'éveil, accompagnée d'une hypotonie musculaire périphérique avec collapsus relatifs des voies respiratoires supérieures, une instabilité des processus végétatifs autonomes rappelant l'état poïkilotherme. L'éveil spontané survient préférentiellement lors du début de la remontée de la température corporelle (rythme circadien), en fin d'une période de sommeil paradoxal. La transition vers l'éveil comporte une reprise des processus sensoriels, facilitée par l'activité corticale rapide de cette phase de sommeil, et s'accompagne d'une reprise du tonus musculaire tant au niveau squelettique qu'au niveau des voies aériennes supérieures. Bâillements et pandiculations ouvrent les voies respiratoires et renforcent le tonus musculaire antigravifique. Toute activité motrice génère un rétro-contrôle (*feedback*) adaptatif. La puissante contraction musculaire du bâillement et de la pandiculation génère une information sensorielle en retour, par les voies de la sensibilité profonde, projetant sur le locus coeruleus (boucles sensori-motrices trigémino-cervico-spinales), la réticulée ascendante du tronc cérébral et l'hypothalamus latéral. Il est proposé d'expliquer la finalité de

ces comportements comme une stimulation des systèmes d'éveil (système noradrénergique et dopaminergique projetant vers le cortex) et un renforcement du tonus musculaire (système hypothalamique hypocrétinergique), engendrée par ce rétro-contrôle (Walusinski, 2006).

Les états d'éveil et de sommeil correspondent à des activités de circuits neuronaux spécifiques. Bâillements et pandiculations peuvent être interprétés comme un mécanisme adaptatif déconnectant un type de circuit neuronal et favorisant la mise en fonction d'un autre réseau ("reset" ou reconfiguration), optimisant le changement comportemental (Bouret, 2005).

La ghréline est un ligand endogène pour les récepteurs à l'hormone de croissance (GH) et apparaît comme un peptide inducteur de la faim et de la recherche de nourriture. La ghréline, les hypocrétines (ou orexines) et le neuropeptide Y (NPY) forment un circuit hypothalamique de régulation de la satiété. Hypocrétines et NPY sont également impliqués dans la régulation de l'éveil. La ghréline inhibe le sommeil tant profond que paradoxal en fonction de la luminosité. Il est facile de concevoir que la recherche de nourriture nécessite un éveil adapté. L'expérimentation chez le rat indique que l'injection de ghréline stimule l'éveil, l'auto et hétéro-nettoyage ("grooming") et semble induire des bâillements, en période nocturne, c'est à dire d'activité pour le rat, alors que la ghréline injectée au lever du jour induit le sommeil. La ghréline est donc un peptide candidat dans l'induction des bâillements associés à la satiété, rythmée par le cycle éveil-sommeil (Szentirmai, 2006).

Chez l'animal, il est démontré que la faim réduit la durée de sommeil. Elle modifie le rythme circadien des activités motrices afin d'augmenter le temps consacré à la recherche de nourriture. Ceci résulte de l'adaptation de l'activité des neurones hypocrétini-

nergiques de l'hypothalamus latéral en fonction des taux plasmatiques périphériques du glucose, de la ghréline (orexigène) et de la leptine (Sakurai, 2006). La leptine a permis de hisser le tissu adipeux au rang d'organe endocrine. Ce peptide a une fonction anorexigène lors de la saturation lipidique des adipocytes, défaillante chez l'obèse, par possible défaut de transduction au travers de la barrière hémato-encéphalique (Banks, 2006). Il existe donc des liens très étroits entre éveil et satiété, expliquant aussi l'existence de bâillements associés. Actuellement aucun travail n'a été conduit sur un lien entre leptine et bâillements.

Les stéroïdes sexuels modulent l'activité de l'ocytocine et de la dopamine au niveau du PVN. Chez le rat ou le singe macaque, les bâillements disparaissent après castration et sont restaurés par des injections de testotérone exogène. Les bâillements sont décrits, en éthologie, comme plus fréquents chez les mâles alpha des groupes de macaques. Les oestrogènes inhibent les bâillements induits par l'apomorphine alors que la progestérone favorise d'abord des bâillements puis le sommeil. On peut ainsi envisager que les bâillements répétés bien connus par les femmes enceintes au premier trimestre de leur grossesse, et toutes les occurrences de bâillements liés à la sexualité résultent de l'interaction des stéroïdes sexuels au niveau du PVN. (Deputte, 1994; Holmgren 1980; Seuntjens, 2004).

### **Développement du bâillement au cours de l'ontogenèse.**

Il est reconnu que les gènes homéotiques (Hox), gènes architectes, délivrent une information positionnelle. Ils représentent quatre groupes de gènes codant pour la transcription de facteurs (les protéines Hox) impliqués dans l'orchestration de la mise en place de l'axe rostro-caudal de l'organisme, incluant la segmentation du tronc cérébral et du diencephale d'une part, la forma-

tion des membres supérieurs d'autres part. Ils commandent l'individualisation du massif facial et du cerveau à partir d'une structure embryonnaire commune, l'ectoblaste. Le pôle céphalique comporte une segmentation encéphalo-faciale et encéphalo-cervicale avec une correspondance topographique stricte: les structures naso-frontales et prémaxillaires sont liées aux hémisphères; les structures maxillo-mandibulaires et cervicales antérieures sont unies au tronc cérébral et à ses nerfs (Borday, 2004).

Au début du troisième mois, l'embryon humain devient un fœtus grâce à l'apparition des premières séquences motrices orales et pharyngées sous la dépendance de la myélinisation du tronc cérébral. Les mouvements des joues et de la langue participent à la formation du palais par l'initiation de mouvements de traction antéro-postérieurs alors que les valves palatales primordiales sont orientées verticalement. L'activité motrice de la langue et de la bouche est constamment accompagnée de mouvements du cou comme l'illustrent les échographies qui, dès 12 à 15 semaines de grossesse, montrent les succions, déglutitions, bâillements et pandiculations. L'activité oro-pharyngée se coordonne ainsi avec les régulations respiratoire, cardiaque et digestive de même localisation neuro-anatomique. L'extension du processus de myélinisation au néocortex temporal et frontal se complète jusqu'à 22 à 24 semaines (Flehsig).

L'exécution de succions, déglutitions, bâillements et pandiculations se révèle donc d'importance dans le développement fonctionnel du système nerveux alors que la puissante contraction musculaire qu'ils représentent a un coût métabolique significatif. Une hypothèse structurale suppose un accroissement d'activation et de recrutement des neurotrophines qui génèrent toute une cascade de nouvelles synapses, de nouveaux circuits neuronaux au niveau diencephalique et du tronc cérébral. Ce mécanisme de

développement, activité-dépendant, a clairement été identifié comme un des processus affectant la maturation fonctionnelle précoce des systèmes sensoriels et moteurs. Ce phénomène d'activité-dépendance est un processus ubiquitaire de maturation cérébrale par lequel le développement d'une région, d'une structure participe au développement d'autres régions, d'autres structures (Marder, 2005).

La phylogenèse suggère que le repos nocturne des poïkilothermes a probablement évolué vers le sommeil paradoxal (REM sleep) qui est caractérisé par une hypotonie musculaire périphérique commandée par des noyaux situés à la partie dorsale du tronc cérébral, situé rostralement par rapport au pont (Nicolau, 2000). L'étude du sommeil, tant du fœtus humain qu'animal, indique que la première forme de sommeil a des caractéristiques de sommeil actif ou agité qui représente une forme immature de sommeil paradoxal et est encore très prépondérant à la naissance. Siegel (2005) a montré que plus le cerveau est immature à la naissance, plus il existe de sommeil paradoxal. Les mécanismes commandant le sommeil paradoxal sont les premiers fonctionnels et les seuls actifs initialement en raison de la seule myélinisation du tronc cérébral et du diencéphale. Ensuite le sommeil lent apparaît quand les structures thalamo-corticales deviennent matures. Il apparaît donc que le contrôle de l'activité neuronale exercée par le sommeil paradoxal participe du mécanisme, activité dépendant, de maturation fonctionnelle du cortex. Il peut être inféré qu'au tout début de la vie foetale, le sommeil paradoxal (et le bâillement?) dirige l'évolution de la maturation corticale par sa stimulation neuronale. De la vie prénatale à la vie postnatale, un *pattern* comportemental montre un développement parallèle de l'apparition du sommeil paradoxal et du bâillement. C'est ainsi que la durée du sommeil paradoxal décline de 50% du temps de sommeil, chez le nouveau-né, à une à deux

heures chez l'adulte; que le nombre de bâillements passe de 30 à 50 par jour chez le nouveau né à moins de 20 par jour chez l'adulte. Cette diminution intervient essentiellement de la naissance à la fin de la puberté (Walusinski, 2006).

Bâillements et pandiculations sont donc des comportements moteurs à commande centrale sous-corticale, diencephalique, apparaissant de façon contemporaine au sommeil paradoxal avec lesquels ils partagent la même origine phylogénique.

### **Autres conséquences des bâillements et pandiculations**

Nous allons passer en revue les autres effets centraux et périphériques induits par la puissante contraction musculaire des bâillements et pandiculations.

Domenico Cotugno a été le premier, en 1764, en évoquer la circulation du liquide céphalorachidien (LCR). Les battements cardiaques et les mouvements respiratoires transmettent des variations de pressions dans les ventricules cérébraux. Chaque inspiration profonde est suivie d'une augmentation du débit du LCR au niveau du IV<sup>o</sup> ventricule (Schroth 1992; Bouyssou 1985). L'étude de la cinématique mandibulaire montre que celle-ci s'associe à l'inspiration pour modifier la circulation intracrânienne. Lepp (1982) décrit "les mouvements mandibulaires qui ont le rôle de mettre en action selon les besoins la pompe musculo-veineuse ptérygoïdienne qui fonctionne en haut de l'espace parapharyngien antérieur ou préstylien. De cette manière, la pompe paratubaire peut s'intercaler dans le mécanisme d'écoulement du sang veineux hors de l'endocrâne et principalement via le sinus canalis ovalis. Ainsi, la citerne ptérygoïdienne, correspondant à la pars caverna du plexus ptérygoïdien et elle-même prolongement extra-crânien et transovalaire du si-

nus caverneux, joue un rôle important comme station intermédiaire d'accélération pour l'écoulement en retour du sang cérébral (...). On pourrait avec raison considérer la cinématique mandibulaire conjointement avec le muscle ptérygoïdien latéral comme un veino-moteur, d'autant plus que les deux ensembles représentent en fait le démarreur proprement dit pour la mise en marche de l'action de pompage musculo-veineux alterné de la pars cavernosa du plexus ptérygoïdien. Elle est évidemment particulièrement efficace lors de l'acte de bâillement isolé ou proprement dit, c'est-à-dire surtout lorsque la bouche atteint son ouverture maxima. Cependant, répétons-le, le bâillement lui-même n'est souvent que l'initiation d'une réaction motrice musculo-veineuse en chaîne, étendue aux membres et à toute la musculature squelettique sous forme d'ondes toniques propagées en direction rostro-caudale jusqu'au bout des doigts et des orteils." Il apparaît ainsi que l'ample inspiration et l'ouverture de bouche maximale accélère la circulation du LCR. Déjà en 1912, Legendre et Piéron ont cru mettre en évidence la présence d'un facteur hypnogène dans le LCR et s'y accumulant pendant la veille.

Cette recherche de facteurs, humoraux et non neuronaux, inducteurs du sommeil, vieille de près de 100 ans, a fait passer en revue plus de 50 molécules. Actuellement, une prostaglandine PGD2 agit comme une hormone d'activité locale, produite par les méninges. Sa fixation sur un récepteur spécifique est suivie d'une transduction depuis la leptoméninge vers la parenchyme cérébral en activant la fabrication d'adénosine, celle-ci ayant un effet inducteur du sommeil au niveau du noyau VLPO de l'hypothalamus antérieur. Il se peut donc que bâillements et pandiculations, en induisant une accélération de la clairance de PGD2, réduisent la propension à l'endormissement (Hayaishi 2005).

Bâillements et pandiculations provoquent, à l'acmé de l'ample inspiration, une augmentation de la pression intra-thoracique, suivie d'une dépression rapide, lors de l'expiration qui la suit. Il en résulte un blocage du retour veineux et lymphatique suivi d'un flux accéléré. B. Nolman (2006) propose un rôle d'activation de la circulation lymphatique drainant le canal thoracique vers la veine cave et pouvant ainsi faire jouer aux bâillements un rôle "immunitaire". De façon comparable, l'ample inspiration du bâillement ouvre les alvéoles en atelectasie et participe à l'étalement du surfactant, comme le fait un soupir. Cela pourrait concourir à améliorer la fonction ventilatoire. Le bâillement dirigé est ainsi utilisé dans les suites opératoires en chirurgie thoracique, notamment (Cahill, 1978).

A l'acmé d'un bâillement, l'ouverture de la trompe d'Eustache aère la caisse du tympan. Associée à l'occlusion palpébrale, la baisse de l'audition ainsi provoquée, concourt à une brève déconnexion sensorielle de l'environnement du bâilleur. Lors de pathologies rhino-pharyngées ou de variations altitudinales (montagne, vols aériens), le bâillement constitue un moyen thérapeutique de reperméabilisation tubaire assurant l'amélioration des surdités de transmission, inflammatoires ou fonctionnelles (Las-kiewicz, 1953; Winther, 2005). Par l'extrême ouverture pharyngo-laryngée, qui caractérise les bâillements au niveau des voies aériennes supérieures, les bâillements participent à une forme de relaxation de la musculature pharyngolaryngée, permettant une reprise de la parole. Cette musculature extrinsèque et intrinsèque de larynx est particulièrement sensible au stress émotionnel. Son hypercontraction est le dénominateur commun de toutes les formes de dysphonies et aphonies fonctionnelles ou psychogènes. Le bâillement est une thérapeutique des surmenages vocaux. Elle est efficace pour combattre l'élévation excessive du larynx et la constriction de la glotte qui les caractérisent. Ces sur-



menages correspondent à un effort tonico-spastique des muscles du larynx qui provoque son ascension. Le bâillement ouvre la glotte à son maxima et repositionne le larynx au plus bas de sa course, réduisant l'effort musculaire. Les professeurs de chant enseignent à leurs élèves des techniques de bâillements provoqués, forme de relaxation laryngée. C'est ainsi qu'il n'est pas rare de voir des chanteurs d'opéra bâiller avant d'entrer en scène (Xu, 1991; Boone, 1993).

### **Bâillements et pandiculations, acteurs de l'intéroception et du schéma corporel?**

L'école, suivant la tradition aristotélicienne, apprend aux enfants que nous disposons de cinq sens ou subdivisions sensoriels principales. Mais il peut être proposé que, réunissant des informations en provenance d'une diversité des récepteurs, nous bénéficions des informations d'un sixième sens, l'intéroception, la capacité de percevoir des stimuli sensoriels internes à notre corps. Le terme intéroception, ou somesthésie végétative, a été proposé par Sherrington en 1905. En 1749, Buffon, reprenant l'idée de Cardan en 1554, proposait la volupté comme sixième sens. La volupté n'est-elle pas le résultat d'une intéroception harmonieuse ? Le monde animal connaît d'autres sens qui nous sont inconnus: l'électroréception, la magnétoréception, et l'écholocalisation par ultrasons. Nous nous proposons de montrer comment le bâillement appartient à l'intéroception et ainsi participe à notre éveil et à notre schéma corporel.

L'éveil est un état essentiel à la fonction biologique accomplie par la conscience. Celle-ci nécessite la capacité d'intégrer des informations sensorielles informant du monde environnant, en même temps que des sensations du ressenti de notre état physique interne, modulées par les émotions et la mémoire. Les sensations afférentes en provenance du système musculo-

squelettique convergent par les voies spinothalamiques et spino-réticulaires vers le thalamus, les noyaux du raphé et de là vers le cortex sensitif pariétal ascendant. Le thalamus et le PVN participent d'un circuit envoyant et recevant des influx du locus coeruleus, des noyaux tubéro-mamillaires, toutes structures responsables des réflexes autonomiques. Les nerfs crâniens trijumeaux (V), faciaux (VII), pneumogastriques (X) et les racines cervicales C1-C4, moteurs et/ou sensitifs convoient aussi des somesthésies qui convergent vers le noyau du tractus solitaire (NTS), interface des informations périphériques, nécessaire à la stimulation de la rétículo ascendante du tronc cérébral, du locus coeruleus en particulier, source de l'activation des systèmes d'éveil (qui, très génériquement, on saurait schématiser comme adrénergique au pont, dopaminergique aux pédoncules, histaminergique à l'hypothalamus, cholinergique au noyau basifrontal de Meynert). Le NTS est impliqué dans les trois comportements l'éveil, la satiété et la sexualité. Les neurones du NTS projettent aussi sur le noyau parabrachial qui, lui-même, projettent vers de multiples sites du tronc cérébral, du diencephale, du thalamus. Mais surtout, ces structures projettent vers le secteur des sensations viscérales de l'insula, de l'amygdale et du cortex latéro frontal, surtout droit (Steriade, 2001; Stehberg, 2001, McHaffie, 2005). C'est par ces circuits qu'une activité homéostatique automatique sous-corticale inconsciente parvient à fournir des éléments à une représentation consciente. L'intégration autonome, somatique et limbique permet ainsi d'extraire une perception corporelle, d'où peut émerger une sensation de plaisir.

Il est donc proposé que les variations d'état du tonus musculaire périphérique antigravifique, transmises par ces voies, déclenchent bâillements et pandiculations qui, par les puissantes contractions musculaires, activent les systèmes d'éveil. Le resenti de l'activité musculo-squelettique provoque une sensation

de bien-être, d'acutisation de la thymie nécessaire à la représentation du schéma corporel, lors de l'éveil par exemple, comme le propose la théorie de James-Lange des émotions. A. Damasio l'a exprimé de façon analogue dans sa "*somatic marker hypothesis*".

### **Echokinésie du Bâillement, théorie de l'esprit (« *Theory of Mind* ») et empathie.**

Les humains sont des êtres sociaux. Une des fonctions primordiales de l'encéphale est d'optimiser la capacité d'interagir avec les autres. Le succès des interactions sociales réside dans la capacité à comprendre les autres au niveau des actions motrices (intentionnalité), des perceptions émotionnelles, d'une intégration cognitive-mnésique et comparative séparant le soi de l'autre (empathie, altruisme), toutes capacités que la psychologie anglo-saxonne a unifié sous le concept de "*the theory of mind*" (TOM). Il est connu, depuis toujours, que le bâillement est "contagieux"; l'éthologie parle de réplication comportementale, et la neurologie, depuis J-M. Charcot, d'échokinésie. En quoi cette échokinésie confère aux bâillements une forme de communication sociale non verbale participant de la TOM et de l'empathie ?

La découverte des neurones miroirs par Rizzolatti et Gallese (1996) ouvre à une explication des éléments neurophysiologiques qui concourent dans la TOM. La promotion des compétences exploratrices de l'environnement, les circonstances physiologiques de la prise de décisions, notamment en cas d'urgence face à un prédateur, la préparation de l'action en générale, répondent chez la plupart des vertébrés à l'activation de neurones miroirs dans les aires corticales motrices. Ils s'activent lors de la perception des mouvements et d'action de conspécifiques indiquant que la génération de l'action intentionnelle et l'imagerie mentale de celle-ci partagent les mêmes structures neuronales. Ainsi, sur un trottoir parisien, l'approche du piéton décelé par un

pigeon déclenche automatiquement l'envol de la troupe dont la majorité n'a pas eu perception du danger. Résultat de réponses adaptatives sélectionnées par l'évolution, cet automatisme moteur coopératif valorise la vie en groupe en terme de sécurité face au prédateurs. L'échokinésie du bâillement ne répond pas à ce mécanisme, comme l'indique son délai d'apparition et son inconstance. En effet, n'est sensible à l'échokinésie qu'un individu dans un état mental peu stimulé (transport en commun), alors qu'un travail intellectuel soutenu le rend insensible. Schürmann *et al.*(2005) ont confirmé, par exploration en IRM fonctionnelle, l'absence d'activation des neurones miroirs de l'aire de Broca chez l'homme (cortex frontal postéro-inférieur, généralement de l'hémisphère gauche), lors de l'échokinésie du bâillement, contrairement à l'observation gestuelle pendant laquelle, ceux-ci s'activent tant dans l'exécution que dans l'observation d'une activité motrice (décodage de l'intentionnalité). Ces éléments éthologiques et neurophysiologiques montrent que l'échokinésie du bâillement n'est pas une imitation motrice.

La reconnaissance visuelle de l'environnement met en jeu différents circuits neuronaux distinguant les objets inanimés des êtres vivants (Puce, 2003). La reconnaissance des visages humains répond à l'activation de neurones, spécifiquement dédiés, au niveau temporal. La région temporal inférieur (IT) (Afraz, 2006; Leopold, 2006) permet une identification immédiate d'un visage dans sa globalité, tant pour l'identité que pour l'expression, en possédant, apparemment, une mémorisation autonome, dont l'activation n'implique pas l'hippocampe. Le sulcus temporal supérieur (STS) s'active, lui, spécifiquement lors de perception des mouvements des yeux, de la bouche, suggérant son implication dans la perception visuelle des émotions. Schürmann *et al.* (2005) ont montré l'activation du STS lors de l'échokinésie du bâillement, de façon automatique et involon-

taire, se transmettant vers l'amygdale gauche, le cortex cingulaire postérieur et le précuneus. Ces structures sont associées à la discrimination des émotions exprimées par la face humaine et, notamment, dans l'appréciation de la véracité du ressenti exprimé. Platek *et al.* (2003; 2005) ont trouvé une corrélation entre activation des circuits neuronaux au-delà du STS et traits de personnalités. Les sujets qualifiés d'empathiques, très sensibles à l'échokinésie du bâillement activent amygdale et cortex cingulaire, alors que les sujets qualifiés de schizoïdes, insensibles à la réplification du bâillement, n'activent pas ces structures. L'étude de la neurophysiologie de l'empathie (Carr, 2003) retrouve une similarité des zones activées (STS, insula, amygdale, cortex cingulaire) à l'exception de l'absence d'activité des lobes frontaux lors de l'échokinésie du bâillement. Ainsi, il semble qu'alors que la compréhension de l'intentionnalité (neurones miroirs moteurs), le partage des émotions (neurones miroirs de l'insula, amygdale et cortex pariétal droit) nécessitent, pour être décodés, une activation neuronale commune, action - perception, simultanément à une inhibition frontale (activation orbito-frontale) inhibitrice de l'extériorisation motrice, l'échokinésie du bâillement n'a pas la capacité d'être inhibée involontairement par absence de relais frontaux. Par contre l'activation temporo-pariétale droite autorise la différenciation entre soi et l'autre, identifiant, au niveau conscient, le rôle déclencheur du bâillement de l'autre (Decety, 2006).

Anderson (2004) a montré que des chimpanzés bâillaient en regardant des bâillements de conspécifiques sur une vidéo mais pas en regardant d'autres expressions faciales. Les chimpanzés seraient donc sensibles comme les humains à l'échokinésie du bâillement. Bien que l'existence d'une TOM chez le chimpanzé soit toujours l'objet de controverses (Povinelli, 2003), l'existence d'une échokinésie des bâillements plaide en faveur d'une théorie

de différents niveaux de TOM, peut-être secondairement à des voies différentes de l'évolution des capacités cognitives des hominidés. La pathologie psychiatrique humaine dissèque, elle aussi, de façon comparable, la TOM (Blair, 2005).

Anderson (2003) a aussi mis en évidence que l'enfant n'était sensible à l'échokinésie du bâillement qu'au cours de la sixième année de vie, c'est à dire après avoir acquis la capacité de réfléchir à ce que l'autre pense, à attribuer des états mentaux à autrui (Gergely, 2003). Un état de maturation cognitive d'ordre fonctionnel est donc nécessaire afin d'être sensible à l'échokinésie du bâillement.

En résumé, un lien phénoménologique apparaît entre la capacité à attribuer un état mental à autrui (TOM), base de l'empathie et l'échokinésie du bâillement. A côté de la hiérarchie neuro-anatomique séparant la TOM en niveaux sensorimoteurs, émotionnels et cognitifs (Blair, 2005), l'échokinésie du bâillement autorise une dissociation de la TOM, par son ontogenèse et sa phylogenèse, en différents niveaux développementaux, soutendus par une activation différenciée de circuits neuronaux spécifiques. L'échokinésie du bâillement aurait conféré un avantage sélectif, en permettant une synchronisation efficace des niveaux de vigilance entre les membres d'un groupe social. Elle participerait d'une forme d'empathie instinctive involontaire, qualifiable de rudimentaire, probablement apparue tardivement au cours de l'évolution des hominidés.

## **Bibliographie**

Abrahams VC, Richmond FJ. Specialization of sensorimotor organization in the neck muscle system. *Prog Brain Res.* 1988;76:125-35.

- Abrahams VC, Kori AA, Loeb GE, Richmond FJ, Rose PK, Keirstead SA. Facial input to neck motoneurons: trigemino-cervical reflexes in the conscious and anaesthetised cat. *Exp Brain Res.* 1993;97(1):23-30.
- Afraz SR, Kiani R, Esteky H. Microstimulation of inferotemporal cortex influences face categorization. *Nature.* 2006;442(7103):692-695.
- Anderson JR, Meno P. Psychological influences on yawning in children. *Current Psychology Letters Behaviour, Brain, & Cognition.* 2003;2(11); en ligne: <http://cpl.revues.org/document390.html>
- Anderson JR, Myowa-Yamakoshi M, Matsuzawa T. Contagious yawning in chimpanzees. *Proc Biol Sci.* 2004;271 Suppl 6:S468-470.
- André-Thomas, de Ajuriaguerra J. Etude sémiologique du tonus musculaire. Flammarion éd. Paris 1949. 844p.
- Banks WA. The blood-brain barrier as a regulatory interface in the gut-brain axes. *Physiol Behav.* 2006, in press.
- Barbizet J. Le bâillement. *Concours Med.* 1958;80(5):537-538.
- Bejan A, Marden JH. Unifying constructal theory for scale effects in running, swimming and flying. *J Exp Biol.* 2006;209:238-248.
- Blair RJ. Responding to the emotions of others: dissociating forms of empathy through the study of typical and psychiatric populations. *Conscious Cogn.* 2005;14(4):698-718.
- Boone DR, McFarlane SC. A critical view of the yawn-sigh as a voice therapy technique. *J Voice.* 1993;7(1):7580.
- Borday C, Wrobel L, Fortin G, Champagnat J, Thaeron-Antono C, Thoby-Brisson M. Developmental gene control of brainstem function: views from the embryo. *Prog Biophys Mol Biol.* 2004;84(2-3):89-106.
- Bouret S, Sara SJ. Network reset: a simplified overarching theory of locus coeruleus noradrenaline function. *Trends Neurosci.* 2005;28(11):574-582.
- Bouyssou M, Tricoire J Experimental detection of a cervical arousal mechanism of yawning, enhancing intracerebral (CSF) fluid pressure. *J Dental Res.* 1985;64:721.
- Buffon GL. De l'homme, histoire naturelle. Paris Imprimerie Royale. 1749; 3:370.
- Cahill CA. Yawn maneuver to prevent atelectasis. *AORN J.* 1978;27(5):1000-1004.

- Campbell SS. Spontaneous termination of ad libitum sleep episodes with special reference to REM sleep. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1985;60(3):237-242.
- Cardan J. De subtilitate. Milano. Basileae. 1154;XIII:384.
- Carr L, Iacoboni M, Dubeau MC, Mazziotta JC, Lenzi G. Neural mechanisms of empathy in humans: a relay from neural systems for imitation to limbic areas. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2003;100(9):5497-5502.
- Cotugno Domenico. De ischiade nervosa commentarius. Neapoli, apud Fratres Simonios, 1764.
- Damasio AR. Somatic markers and the guidance of behavior: theory and preliminary testing. In *Frontal lobe function and dysfunction.* Levin HS *et al.* Ed. Oxford University Press. 1991. 217-229.
- Darwin E. Zoonomia, or the laws of organic life. Of the sense of the extension. London. Johnson. 1804; 1 (sectXIV):7. En ligne: <http://www.gutenberg.org/files/15707/15707-h/15707-h.htm>
- Decety J, Grezes J. The power of simulation: imagining one's own and other's behavior. *Brain Res.* 2006;1079(1):4-14.
- Deputte BL, Johnson J, Hempel M, Scheffler. Behavioral effects of an antiandrogen in adult male rhesus macaques (*Macaca mulatta*). *Horm Behav.* 1994;28(2):155-164.
- Forte MC. Le bâillement. Thèse Doctorat en médecine, n°117. Bordeaux. 1982. 89p
- Gergely G. The development of teleological versus mentalizing observational learning strategies in infancy. *Bull Menninger Clin.* 2003;67(2):113-131.
- Hayaishi O. Molecular mechanisms of sleep-wake regulation: a role of prostaglandin D2 and adenosine. In *Sleep, circuits and functions.* Luppi PH ed. CRC press. Boca Raton. 2005:65-79.
- Holmgren B, Urba-Holmgren R, Aguiar M, Rodriguez R. Sex hormone influences on yawning behavior. *Acta Neurobiol Exp (Wars).*1980;40(2):515-519.
- Humphrey T. The development of mouth opening and related reflexes involving the oral area of human fetuses. *Ala J Med Sci.* 1968;5(2):126-157.
- James W. What is an emotion? *Mind.* 1884;9:188-205.



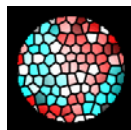
- Lange KG. Om Sindsbevægelse og psyko-fysiologisk Studie. Lund Ed. Kjøbenhavn. Denmark. 1885, 91p.
- Laskiewicz A. The role of the Eustachius tube and the tympanal muscles in yawning. *Rev Laryngol Otol Rhinol.* 1953;74(5-6):309-316.
- Legendre R, Piéron H. De la propriété hypnotoxique des humeurs développée au cours d'une veille prolongée C.R. Société de Biologie de Paris. 1912;70: 210-212.
- Leopold DA, Bondar IV, Giese MA. Norm-based face encoding by single neurons in the monkey inferotemporal cortex. *Nature.* 2006;442(7102):572-575.
- Lepp FH. Recherches sur la partie caverneuse du plexus veineux ptérygoïdien et ses rapports avec le système des espaces ou fentes de glissement parapharyngiens. Remarques sur la signification physiologique du bâillement. *Bull. Group. Int. Rech. Sci. stomato; et Odonto.* 1982;25:251-290.
- Marder E, Rehm KJ. Development of central pattern generating circuits. *Curr Opin Neurobiol.* 2005;15(1):8693.
- McHaffie JG, Stanford TR, Stein BE, Coizet V, Redgrave P. Subcortical loops through the basal ganglia. *Trends Neurosci.* 2005;28(8):401-407.
- McLean P. Evolutionary psychiatry and the triune brain. *Psychol Med.* 1985;15:219-221.
- Nicolau MC, Akaarir M, Gamundi A, Gonzalez J, Rial RV. Why we sleep: the evolutionary pathway to the mammalian sleep. *Prog Neurobiol.* 2000;62(4):379-406.
- Nolman B. The Lymphatic Pump. *Yawnology.* 2006. En ligne: <http://ob1.fcpages.com/>
- Pearce JMS. Cotugno and cerebrospinal fluid. *J Neurol Neurosurg Psych.* 2004;75:1299.
- Piaget J. La formation du symbole chez l'enfant (Imitation, jeu et rêve, image et représentation) Col. *Actualités pédagogiques et psychologiques*, Delachaux et Niestlé Ed. Neuchâtel. 1945.
- Platek SM, Critton SR, Myers TE, Gallup GG. Contagious yawning: the role of self-awareness and mental state attribution. *Brain Res Cogn Brain Res.* 2003;17(2):223-227.
- Platek SM, Mohamed FB, Gallup GG Jr. Contagious yawning and the brain. *Brain Res Cogn Brain Res.* 2005;23(2-3):448-452.

- Povinelli DJ, Vonk J. Chimpanzee minds: suspiciously human? *Trends Cogn Sci.* 2003;7(4):157-160.
- Puce A, Perrett D. Electrophysiology and brain imaging of biological motion. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2003;358(1431):435-445.
- Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V, Fogassi L. Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Brain Res Cogn Brain Res.* 1996;3(2):131-141.
- Rizzolatti G, Fadiga L, Fogassi L, Gallese V. Resonance behaviors and mirror neurons. *Arch Ital Biol.* 1999;137(23):85-100.
- Sakurai T. Roles of orexins and orexin receptors in central regulation of feeding behavior and energy homeostasis. *CNS Neurol Disord Drug Targets.* 2006;5(3):313-325.
- Sato-Suzuki I, Kita I, Oguri M, Arita H. Stereotyped yawning responses induced by electrical and chemical stimulation of paraventricular nucleus of the rat. *J Neurophysiol.* 1998;80(5):2765-2775.
- Schroth G., Klose U. Cerebral flow, physiology of respiration-related pulsations. *Neuroradiology.* 1992;35:1015.
- Schürmann M, Hesse MD, Stephan KE, Saarela M, Zilles K, Hari R, Fink GR. Yearning to yawn: the neural basis of contagious yawning. *Neuroimage.* 2005;24(4):1260-1264.
- Seuntjens W. On yawning or the hidden sexuality of the human yawn. Thesis. Vrije Universiteit. 464p. Amsterdam. Oct 2004.
- Siegel JM. Sleep phylogeny : clues to the evolution and function of sleep. In Luppi PH ed. *Sleep : circuits and functions.* CRC Press. Boca Raton. 2005. 163-176.
- Singer T. The neuronal basis and ontogeny of empathy and mind reading: Review of literature and implications for future research. *Neurosci Biobehav Rev.* 2006; in press.
- Stehberg J, Acuna-Goycolea C, Ceric F, Torrealba F. The visceral sector of the thalamic reticular nucleus in the rat. *Neurosci.* 2001;106(4):745-755.
- Steriade M. Impact of network activities on neuronal properties in corticothalamic systems. *J Neurophysiol.* 2001;86(1):1-39.
- Szentirmai E, Hajdu I, Obal F Jr, Krueger JM. Ghrelin-induced sleep responses in ad libitum fed and food-restricted rats. *Brain Res.* 2006;1088(1):131-140.

- Walusinski O, Deputte BL. Le bâillement: phylogénèse, éthologie, nosogénie. *Rev Neurol (Paris)*. 2004;160(11):1011-1021.
- Walusinski O, Kurjak A, Andonotopo W, Azumendi G. Fetal yawning assessed by 3D and 4D sonography. *The Ultrasound Rev Obs Gynecol*. 2005;5(3):210-217.
- Walusinski O. Yawning: Unsuspected avenue for a better understanding of arousal and interoception. *Med Hypotheses*. 2006;67(1):6-14.
- Winther B, Gwaltney JM Jr, Phillips CD, Hendley JO. Radiopaque contrast dye in nasopharynx reaches the middle ear during swallowing and/or yawning. *Acta Otolaryngol*. 2005;125(6):625-628.
- Xu JH, Ikeda Y, Komiyama S. Bio-feedback and the yawning breath pattern in voice therapy: a clinical trial. *Auris Nasus Larynx*. 1991;18(1):67-77.
- Zafar H, Nordh E, Eriksson PO. Temporal coordination between mandibular and head-neck movements during jaw opening-closing tasks in man. *Arch Oral Biol*. 2000;45(8):675-682.
- Somnolter© développé par Nomics, WSL-2 Liège Science Park, rue des Chasseurs Ardennais, 4; B-4031 Angleur (Belgium), <http://www.nomics.be>

---

Copyright © *Electroneurobiología*, August 2006. Este trabajo original constituye un artículo de acceso público; su copia exacta y redistribución por cualquier medio están permitidas bajo la condición de conservar esta noticia y la referencia completa a su publicación incluyendo la URL original (ver arriba). / This is an Open Access article: verbatim copying and redistribution of this article are permitted in all media for any purpose, provided this notice is preserved along with the article's full citation and original URL (above).



revista

*Electroneurobiología*

ISSN: ONLINE 1850-1826 - PRINT 0328-0446