

Stratégies posturo-ventilatoires et structuration musicale dans la pratique des instruments à vent

Porteur de projet : Dr Valérie Attali, Pneumologue Praticien Hospitalier, HDR, Service des Pathologies du Sommeil (Département R3S) GHU APHP-Sorbonne Université et Chercheure, HDR UMR-S 1158 Inserm-Sorbonne Université ; Neurophysiologie Respiratoire Expérimentale et Clinique, ED394

Equipe d'encadrement :

Pr Benoît Fabre : Institut d'Alembert, UMR7190, école doctorale 391 Smaer

Delphine Chadefaux : Maître de conférences Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak (Université Sorbonne Paris Nord), EA4494, ED 146 Galilée

Baptiste Sandoz : Maître de conférences, HDR, Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak (Arts et Métiers Sciences et Technologies), EA4494, ED 432

Contexte : Dans le cas du jeu des instruments à vent, le contrôle du souffle est essentiel à la production du son. Les instrumentistes développent au cours d'un apprentissage long de l'ordre de la dizaine d'années, une utilisation spécifique de leurs muscles respiratoires. Ces muscles reçoivent une double commande neurologique, dont l'une est automatique, dépend de générateurs situés dans le tronc cérébral, régule la ventilation et l'adapte aux conditions métaboliques (O₂, CO₂/H⁺). Les muscles respiratoires reçoivent, outre cette commande automatique, une commande cortico-spinale qui permet l'exécution d'actions respiratoires volontaires et leur utilisation dans des manœuvres volontaires telles que la production de son à travers un instrument à vent. Le système ventilatoire est par ailleurs étroitement couplé au système postural. Les muscles respiratoires ont en effet un rôle postural, ainsi le diaphragme, principal muscle inspiratoire, a un rôle important dans le maintien du tronc. D'autres muscles primitivement posturaux comme les abdominaux, sont fortement sollicités lors de l'expiration active telle qu'elle peut être nécessaire pour le jeu des instruments à vent. De plus, sur le plan squelettique la cage thoracique étant solidaire du rachis, l'inspiration profonde (également l'expiration) modifie le volume de la cage tout en modifiant les courbures rachidiennes. Ceci nécessite une adaptation du bassin pour maintenir une position debout stable, ou une adaptation lombaire en position assise. La ventilation normale et surtout l'hyperventilation peuvent ainsi être considérées comme « perturbant » la posture et l'équilibre, que le sujet soit en position érigée ou assise. La perturbation posturale d'origine respiratoire est partiellement compensée et cet équilibre perturbation/compensation fait l'objet d'une régulation neurologique. Dans ce contexte on parle de couplage neuro-mécanique entre le système postural et le système ventilatoire. Dans le cas du jeu des instruments à vent, on s'attend logiquement à des adaptations spécifiques de ce couplage posturo-respiratoire. Ces adaptations devraient logiquement être plus marquées pour le jeu d'instruments à vent nécessitant un fort débit et impliquant des variations amples et rapides du volume pulmonaire, que pour des instruments nécessitant de générer une forte pression et impliquant des variations du volume pulmonaire plus lentes, car « freinées ». **En termes de perspective médicale**, nos résultats pourront servir à une meilleure compréhension des stratégies posturo-ventilatoires développées par les patients présentant une maladie respiratoire chronique, au développement d'outils de diagnostic précoce de dysfonction posturale d'origine respiratoire en utilisant le jeu des instruments à vent, et à guider la réhabilitation spécifique de ces patients. En effet, le jeu d'instruments à vent implique l'utilisation du système ventilatoire en condition « extrême ». Chaque instrumentiste soufflant est bien conscient d'une négociation à faire avec lui-même à chaque exécution, à quel moment respirer dans la musique, quelle quantité d'air utiliser, pour quelle réalisation musicale, sont des questions auxquelles chacun, à chaque exécution, répond en fonction de ses moyens respiratoires, et de toutes les contraintes du moment y compris les contraintes posturales. Par analogie, un patient présentant une maladie respiratoire chronique invalidante, se trouve dans une situation « similaire extrême » pour assurer ses besoins ventilatoires de base tout en maintenant un équilibre postural adéquat. **Du point de vue de la pratique musicale**, les perspectives de ce travail résident dans l'amélioration des conditions de jeu (musiciens professionnels) et de l'apprentissage par une meilleure assimilation des liens respiration / posture.

Objectif scientifique : L'objectif général de ce projet est d'analyser les liens, dans le jeu musical d'un instrument à vent, entre les stratégies musicales, les stratégies de contrôle instrumental, les stratégies ventilatoires et les stratégies posturales. L'objectif principal est la compréhension des stratégies respiratoires des instrumentistes. Les objectifs secondaires seront l'analyse des adaptations posturales et posturo-respiratoire au cours du jeu musical.

Nous analyserons simultanément, en contexte de jeu musical, des paramètres de contrôle aéroacoustique de la production du son, la mécanique ventilatoire (EMG des muscles respiratoires, analyse quantifiée des mouvements ventilatoires), le contrôle postural (stabilométrie, analyse posturale segmentaire par motion

capture) et le couplage posturo-respiratoire (synchronisation mouvement/équilibre, EEG). Nous comparerons le jeu de différents instruments à vent nécessitant une approche différente en termes de débit d'air et/ou de force des muscles respiratoires. Nous comparerons les positions assise et debout. Des musiciens expérimentés et des musiciens en formation, participeront à la recherche.

Justification de l'approche scientifique : Le couplage neuro-mécanique posturo-ventilatoire nécessite potentiellement des adaptations spécifiques lors du jeu des instruments à vent, afin tout en produisant un son optimal, de maintenir un alignement postural adéquat (en position debout ou assise) et de permettre au système respiratoire d'assurer les besoins de l'organisme. Faire sonner un instrument à vent nécessite de produire les conditions nécessaires à l'oscillation acoustique, principalement en termes de pression buccale. Le musicien expérimenté saura contrôler finement le son de l'instrument, agissant simultanément et de manière dictée par l'interprétation musicale sur les paramètres tels que la fréquence, l'amplitude, le contenu spectral, et l'évolution temporelle de ces paramètres. Il doit pour cela agir de manière volontaire sur l'ensemble des muscles inspiratoires (diaphragme, intercostaux externes, scalènes, etc) et expiratoires (abdominaux). L'activation des groupes musculaires peut différer d'un instrument à l'autre en fonction du débit d'air et de la pression nécessaires. Dans ce contexte, l'analyse des mouvements ventilatoires par motion capture, couplée à l'électromyographie constitue une approche descriptive fine de l'activation spécifique des muscles respiratoires et de leur contrôle dans le contexte du jeu des instruments à vent. De plus, les muscles respiratoires ayant également une action posturale, leur utilisation pour produire un son, module potentiellement le contrôle de l'équilibre. L'analyse stabilométrique globale (plateforme de force) et segmentaire (motion capture) permettra de décrire ces adaptations au cours du jeu. Enfin le contrôle neurologique de l'interaction entre le système ventilatoire et le système postural, sera décrit à l'aide d'index spécifiques précédemment validés (émergence respiratoire, TLA, etc...). Nous avons établi des normes pour ces index et nous les avons également validés pour l'étude du couplage posturo-respiratoire chez les patients atteints de maladie respiratoire chronique.

Adéquation à l'Institut ou l'Initiative : Ce projet s'inscrit dans la dynamique des rencontres entre les deux instituts IUIS et Collegium Musicae. Il est en adéquation avec les prérequis de l'IUIS dans le cadre de l'appel d'offre Instituts et Initiatives. Il est le fruit d'une collaboration entre l'Institut d'Alembert UMR 7190-Sorbonne Université (« Equipe Lutheries-Acoustique-Musique »), l'UMRS 1158 Neurophysiologie Respiratoire Expérimentale et Clinique-Sorbonne Université, Inserm (« Equipe APHP Sorbonne Université » ; expertise contrôle de l'interaction entre le système ventilatoire et le système postural). Le troisième partenaire est l'Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak-Arts et Métiers Sciences et Technologies (expertise en analyse du mouvement, posture, équilibre).

Références

- I. Cossette, B. Fabre, V. Freour, N. Montgermont, P. Monaco : From breath to sound : Linking respiratory mechanics to aeroacoustic sound production in flutes. *Acta Acustica united with Acustica* 96 (2010) 654–667.
- P. de la Cuadra, B. Fabre, N. Montgermont, C. Chafe : Analysis of flute control parameters : A comparison between a novice and an experienced flautist. *Acta Acustica united with Acustica* 94,5 (2008) 740–749.
- C. Vauthrin, B. Fabre, I. Cossette : How does a flute player adapt his breathing and playing to musical tasks ? *Acta Acustica united with Acustica* 101 (2015).
- Aliverti, I. Iandelli, R. Duranti, S. J. Cala, B. Kayser, S. Kelly, G. Misuri, A. Pedotti, G. Scano, P. Sliwinski, S. Yan, P. T. Macklem : Respiratory muscles dynamics and control during exercise with externally imposed expiratory flow limitation. *Journal of Applied Physiology* 92 (2002) 1953–1963.
- L. Tremoureux, M. Raux, A. Ranohavimparany, C. Morélot-Panzini, P. Pouget, T. Similowski : Electroencephalographic evidence for a respiratory-related cortical activity specific of the preparation of prephonatory breaths. *Respiratory Physiology and Neurobiology* 204 (2014), 64-70
- Vergari C, Skalli W, Clavel L, Demuyneck M, Valentin R, Sandoz B, Similowski T, Attali V. Functional analysis of the human rib cage over the vital capacity range in standing position using biplanar X-ray imaging. *Comput Biol Med.* 2022 May;144:105343. doi: 10.1016/j.combiomed.2022.105343.
- Clavel L, Attali V, Rivals I, Nierat MC, Laveneziana P, Rouch P, Similowski T, Sandoz B. Decreased respiratory-related postural perturbations at the cervical level under cognitive load. *Eur J Appl Physiol* 2020; 120: 1063-74.

- Attali V, Clavel L, Rouch P, Rivals I, Remy-Neris S, Skalli W, Sandoz B, Similowski T. Compensation of Respiratory-Related Postural Perturbation Is Achieved by Maintenance of Head-to-Pelvis Alignment in Healthy Humans. *Front Physiol* 2019; 10: 441.
- Clavel L, Attali V, Jacq O, Nierat MC, Similowski T, Rouch P, Sandoz B. Breathing through a spirometer perturbs balance. *Comput Methods Biomech Biomed Engin* 2017; 20: 41-42.