
De la synergie musculaire à la synergie des motoneurones : étude des sources de contrôle de la contraction musculaire

Julien Rossato*^{1,2,3}

¹Centre Interdisciplinaire de Réalité Virtuelle – Université de Caen Normandie, Université de Caen Normandie – France

²Mobilités : Vieillesse, Pathologie, Santé – Université de Caen Normandie, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale – France

³Laboratory of Neuromotor Physiology, IRCCS Fondazione Santa Lucia [Roma] – Italie

Résumé

De nombreuses études ont mis en évidence, de manière indirectement (d'Avella et al., 2006; Tresch et al., 2006) ou direct (Berger et al., 2013), un contrôle modulaire de la production motrice par le système nerveux central humain. Selon la théorie des synergies musculaires, le système nerveux central générerait le mouvement et la force en contrôlant un nombre réduit d'unités de production motrice (Bizzi et al., 2008). Si ce fonctionnement a longtemps été décrit, les indices de son implémentation nerveuse sont plus récents, en particulier à travers la théorie des synergies motoneuronales. Cette dernière propose que le contrôle de la production motrice s'effectue via des groupes de motoneurones, pouvant regrouper des motoneurones issus de muscles différents et/ou seulement une partie de ceux innervant un même muscle (Hug et al., 2023). Les avancées récentes dans l'identification de l'activité des unités motrices, à partir du signal EMG à haute densité (Rossato, Hug, et al., 2024), ont permis de soutenir cette théorie. Rossato et al. (2024) ont ainsi montré que la flexibilité du contrôle de l'activité des motoneurones est contrainte par des groupes de contrôles, réduisant les dimensions de la commande motrice. DERNONCOURT et al. (2025) apportent des précisions supplémentaires en démontrant que les dimensions extraites de l'activité des unités motrices résultent non seulement de commandes corticales contrôlables, mais également du réseau spinal, qui distribue des entrées excitatrices et inhibitrices. Ces travaux mettent en lumière les contraintes structurelles et les marges de flexibilité de la production motrice, résultant de l'organisation neuronale du système nerveux central.

Bibliographie

Berger, D. J., Gentner, R., Edmunds, T., Pai, D. K., & d'Avella, A. (2013). Differences in Adaptation Rates after Virtual Surgeries Provide Direct Evidence for Modularity. *Journal of Neuroscience*, 33(30), 12384-12394. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0122-13.2013>

Bizzi, E., Cheung, V. C. K., d'Avella, A., Saltiel, P., & Tresch, M. (2008). Combining modules for movement. *Brain Research Reviews*, 57(1), 125-133. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2007.08.004>

d'Avella, A., Portone, A., Fernandez, L., & Lacquaniti, F. (2006). Control of Fast-Reaching

*Intervenant

Movements by Muscle Synergy Combinations. *Journal of Neuroscience*, 26(30), 7791-7810. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0830-06.2006>

Dernoncourt, F., Avrillon, S., Logtens, T., Cattagni, T., Farina, D., & Hug, F. (2025). Flexible control of motor units: Is the multidimensionality of motor unit manifolds a sufficient condition? *The Journal of Physiology*, JP287857. <https://doi.org/10.1113/JP287857>

Hug, F., Avrillon, S., Ibáñez, J., & Farina, D. (2023). Common synaptic input, synergies and size principle: Control of spinal motor neurons for movement generation. *The Journal of Physiology*, 601(1), 11-20. <https://doi.org/10.1113/JP283698>

Rossato, J., Avrillon, S., Tucker, K., Farina, D., & Hug, F. (2024). The Volitional Control of Individual Motor Units Is Constrained within Low-Dimensional Neural Manifolds by Common Inputs. *Journal of Neuroscience*, 44(34). <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0702-24.2024>

Rossato, J., Hug, F., Tucker, K., Gibbs, C., Lacourpaille, L., Farina, D., & Avrillon, S. (2024). I-Spin live, an open-source software based on blind-source separation for real-time decoding of motor unit activity in humans. *eLife*, 12, RP88670. <https://doi.org/10.7554/eLife.88670>

Tresch, M. C., Cheung, V. C. K., & d'Avella, A. (2006). Matrix Factorization Algorithms for the Identification of Muscle Synergies: Evaluation on Simulated and Experimental Data Sets. *Journal of Neurophysiology*, 95(4), 2199-2212. <https://doi.org/10.1152/jn.00222.2005>