

Institut Universitaire pour l'Ingénierie en Santé
Appel à projets 2026
Projet de recherche doctorale

Titre du projet

Intérêt diagnostique et pronostique de l'analyse du profil ventilatoire obtenu par extraction sonore de la respiration spontanée et de la respiration phonatoire ("VentiPhon").

Encadrants

1- Pr Thomas SIMILOWSKI, Sorbonne Université, faculté de santé, neurophysiologie respiratoire expérimentale et clinique (UMRS 1158).

- Rôle : co-encadrement.
- Compétences apportées : physiologie respiratoire ; acquisition et modélisation du signal ventilatoire ; accès au matériel humain (volontaires sains et patients).
- Exemples de publications récentes en lien avec le projet : [PMID: 40441474](#); [PMID: 40001140](#); [PMID: 39477782](#); [PMID: 39387934](#); [PMID: 38403573](#).

2- Pr Mohamed CHETOUANI, Sorbonne Université, faculté des sciences et ingénierie, institut des systèmes intelligents et de robotique (ISIR).

- Rôle : encadrement principal.
- Compétences apportées : Traitement du signal, apprentissage machine, systèmes d'IA pour la clinique.
- Exemples de publications récentes en lien avec le projet : [doi: 10.1002/aur.70189](#); [doi: 10.1109/TAFFC.2016.2631594](#)

Contexte scientifique

Les maladies respiratoires chroniques sont extrêmement fréquentes (10 millions de français concernés par l'asthme, la bronchopneumopathie chronique obstructive et le syndrome des apnées obstructives du sommeil). Elles imposent un fardeau considérable aux patients qui en souffrent, à leurs proches, et à la société dans son ensemble. Pour autant, leur fréquence et leur gravité sont sous estimées, et la surveillance de leur évolution (visant en particulier à prévenir et détecter précocément les exacerbations) est difficile. L'une des explications de cette situation tient à la complexité des processus diagnostiques en cause. En effet, l'identification et le suivi des maladies respiratoires nécessitent l'évaluation des propriétés mécaniques du système respiratoire, de la fonction des muscles respiratoires et de la commande neurologique centrale de la ventilation. Cette évaluation repose classiquement sur les explorations fonctionnelles respiratoires (EFR) qui exigent la coopération du patient pour la réalisation de manœuvres spécifiques. Ces contraintes peuvent limiter l'applicabilité des EFR dans certains contextes cliniques. En outre, les EFR n'évaluent pas la respiration naturelle et peuvent se trouver déconnectées d'informations cliniques pertinentes. L'analyse de la respiration spontanée constitue une approche alternative. Cependant, les variables élémentaires telles que la fréquence respiratoire, le volume courant ou les temps inspiratoire et expiratoire sont insuffisamment discriminantes, bien que leur valeur diagnostique et pronostique s'améliore lorsque l'on s'intéresse à leur variabilité cycle par cycle. La description et la quantification de la complexité mathématique du débit ventilatoire (reflétant la richesse dynamique du système sous-jacent) peuvent fournir des informations physiologiquement pertinentes. La forme de l'onde ventilatoire est également susceptible de contenir des caractéristiques spécifiques. En effet, loin d'être sinusoïdale, la sortie des générateurs centraux du rythme respiratoire est anharmonique, donnant lieu à des trajectoires respiratoires non linéaires. Diverses observations suggèrent que les variations temporelles et morphologiques de l'activité ventilatoire spontanée ont une valeur diagnostique et pronostique, y compris au regard de l'évaluation des traitements. Cependant, exploiter cette information impose de recueillir le signal ventilatoire, et, idéalement, de le faire d'une part sans avoir ni à utiliser d'instruments de mesures spécifiques et d'autre part sans avoir à demander quoi que ce soit à la personne évaluée. L'analyse des sons produits par les déplacements d'air d'origine respiratoire remplit la première condition (pas d'instruments spécifiques). Réaliser cette analyse au cours de la respiration de repos remplit la seconde condition (pas de coopération) en donnant des informations sur l'état de base de l'appareil respiratoire. Il existe dans ce domaine une recherche émergente. Par ailleurs, la phonation implique une perturbation majeure de l'automatisme respiratoire, auquel elle impose des contraintes neuromécaniques importantes. En témoignent le fait que les patients souffrant de maladies

respiratoires chroniques éprouvent des difficultés à la parole (essoufflement, ou dyspnée en jargon médical), et le fait que de nombreuses caractéristiques de leur parole sont anormales. Au cours des dernières années, de nombreuses études se sont focalisées sur la description et l'interprétation de ces anomalies au cours des maladies respiratoires et d'autres pathologies. Par contre, l'analyse de l'activité ventilatoire au cours de la phonation n'a pas été réalisée. Elle pourrait toutefois donner des informations précieuses quant à la capacité de l'appareil respiratoire à s'adapter à la contrainte. Il apparaît donc pertinent de mettre au point une méthodologie d'extraction et d'analyse des cycles respiratoires au cours de la phonation, dûment séparés de l'activité vocale.

Objectifs scientifiques

À partir de ce qui précède, le projet VentiPhon se donne pour objectifs :

- 1°) de développer une méthodologie d'extraction du signal ventilatoire à partir d'enregistrements de la parole, en utilisant des techniques de traitement du signal et d'apprentissage machine ;
- 2°) de caractériser ce signal selon les méthodes utilisées habituellement pour décrire l'activité ventilatoire, chez des individus sains et chez des patients, et de mettre les caractéristiques obtenues dans la perspective de celles de l'activité ventilatoire de repos ;
- 3°) d'évaluer la valeur discriminative des informations ventilo-phonatoires pour séparer des individus sains de patients atteints de maladie respiratoire.

Justification de l'approche scientifique

L'approche du projet VentiPhon repose sur l'hypothèse que la respiration en situation de phonation constitue situation de contrainte physiologique, particulièrement informative pour explorer la capacité d'adaptation du système ventilatoire. Contrairement à la respiration de repos, la parole impose en effet une organisation temporelle et mécanique spécifique du cycle respiratoire, susceptible de révéler des limitations fonctionnelles précoces ou compensées, peu visibles dans les mesures ventilatoires conventionnelles.

Jusqu'à récemment, cette information est restée difficilement exploitable, non en raison d'un manque d'intérêt conceptuel, mais en raison de la complexité technique liée à l'isolement du signal ventilatoire au sein du signal acoustique de la parole. Les avancées récentes en séparation de sources, en apprentissage profond et en modélisation auto-supervisée permettent désormais d'envisager l'extraction robuste de composantes ventilatoires à partir d'enregistrements vocaux, comme le suggèrent déjà plusieurs travaux récents en détection de pathologies respiratoires à partir de tâches vocales (lecture, toux, voyelles soutenues).

Cependant, l'état de l'art met également en évidence plusieurs défis majeurs : la nécessité de bases de données larges et diversifiées, la variabilité interindividuelle et environnementale des enregistrements, ainsi que les enjeux d'interprétabilité et d'intégration clinique des modèles. Dans ce contexte, VentiPhon vise à dépasser une approche purement discriminative fondée sur des descripteurs acoustiques standards (openSMILE, embeddings de type x-vectors), pour exploiter le deep learning comme un outil d'apprentissage de représentations structurées du profil ventilatoire. En combinant ces nouvelles représentations avec une analyse physiologique fine de la variabilité, de la morphologie et de la complexité des cycles respiratoires en phonation, le projet ambitionne d'accéder à des dimensions fonctionnelles encore peu captées par les paramètres ventilatoires usuels. Cette stratégie ouvre ainsi la voie à un outil non invasif, potentiellement peu coûteux et déployable en conditions écologiques, offrant une valeur diagnostique et pronostique complémentaire aux méthodes actuelles d'exploration respiratoire.

Adéquation à l'institut

Le projet VentiPhon s'inscrit pleinement dans les axes de l'institut en combinant traitement avancé du signal, apprentissage automatique et analyse de systèmes biologiques complexes. Il mobilise des compétences clés en traitement du signal et en intelligence artificielle pour répondre à une problématique physiologique et clinique originale. L'articulation entre développement méthodologique, validation sur données humaines et perspectives translationnelles correspond aux priorités scientifiques de l'institut. Le projet bénéficie d'un environnement interdisciplinaire structurant, associant sciences de l'ingénieur et physiologie respiratoire. Sa faisabilité et sa qualité scientifique sont garanties par l'expertise reconnue et la complémentarité des encadrants impliqués.